Studien über das Nannoplancton des Zugersees und seine Beziehung zum Zooplancton.

Von

Kurt Lantzsch
aus Meuselwitz Sa.-A.

(Aus dem Zoologischen Institut der Universität Leipzig.)

Mit 6 Figuren im Text.

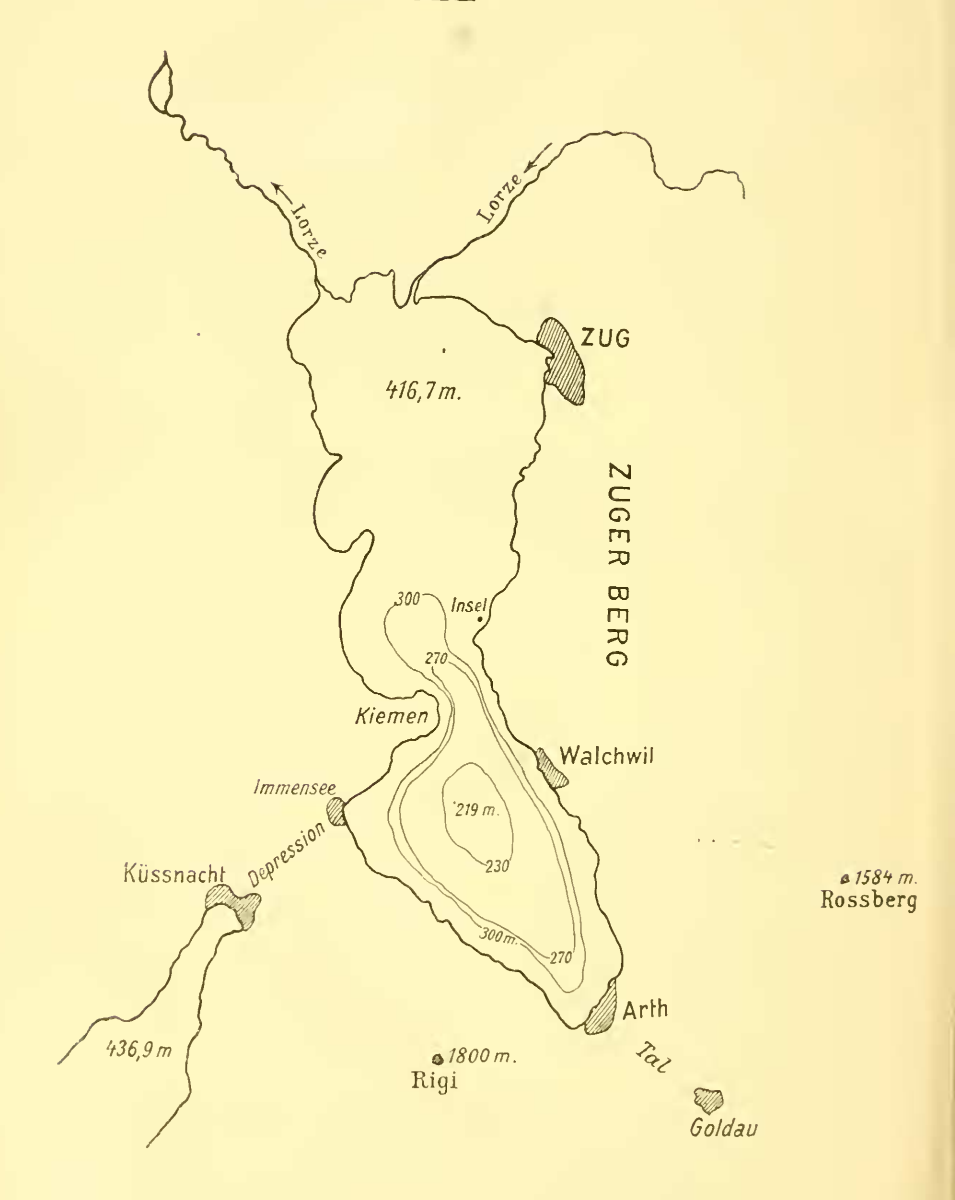
Den Anstoß zu vorliegender Arbeit gab mein hochverehrter Lehrer, Herr Professor Dr. CHUN. Diese Studie ist bestimmt, einen Beitrag über die biologischen Verhältnisse in tiefen Seen zu liefern. Für die liebenswürdige Unterstützung durch Rat und Tat, für die Förderung, die mir zuteil wurde, sei es mir hier gestattet, meinen aufrichtigen Dank auszusprechen. Herrn Professor Dr. WOLTERECK schulde ich ebenfalls Dank für manchen Ratschlag und Aufklärung.

Als Arbeitsgebiet wurde der Zugersee gewählt. Gründliche und allseitige Einführung in die Seenkunde brachte der »I. Hydrobiologische Demonstrations- und Exkursionskursus am Vierwaldstättersee«, veranstaltet von Professor Dr. HANS BACHMANN in Luzern. Mit Herrn Prof. BACHMANN blieb ich während meiner Untersuchung in Verbindung und wiederhole hier für das warme Interesse und die Unterstützung, die ich erfuhr, meinen ergebensten Dank. Auch darf ich an dieser Stelle nicht Herrn M. MÜLLER, Schreinermeister in Walchwil, übergehen, welcher mir durch Überlassen seines Einbaumes und eines Arbeitsplatzes die Untersuchung wesentlich erleichterte. Genanntem Herrn sei auch hier mein Dank ausgesprochen.

Der Zugersee.

Das Seebecken, seine Gestaltung und Vergangenheit.

Der Zugersee gehört seiner Lage und Entstehung nach zu der Reihe der »alpinen Randseen«. Sein Spiegel liegt 416,7 m über dem Meere. Die Oberfläche beträgt 38,24 km², die mittlere Tiefe 85 m.



Textfig. 1.

Der Zugersee. Das Seebecken, seine Gestaltung und Vergangenheit.

Er erstreckt sich in nord-südlicher Richtung in einer Länge von 13,5 km. Bei fast parallelen Ufern ist das südliche Becken 3 km, das nördliche 4,5 km breit. Die Halbinsel des Kiemen, vom westlichen Ufer vorstoßend, schnürt ihn ungefähr in seiner Mitte auf etwa 800 m ein und zerlegt so den Zugersee in die zwei auch morphologisch verschiedenen Becken.

Die südliche Mulde, der Obersee, ist charakterisiert durch die steile Böschung der Uferwände und durch bedeutende Tiefe. Zwischen Walchwil und Immensee liegt der Seeboden an seiner tiefsten Stelle 219 m über dem Meere, der See ist also 198 m tief. Der Grund, etwa 170—180 m unter dem Spiegel, verläuft auf weite Strecken zwischen den steilen Uferhalden fast eben.

Das nördliche Becken, der Untersee, weist weniger steile Böschungen auf. Der Saum verflacht sich nach Norden und gewährt Raum für größere Bestände einer litoralen Fauna. Mit der Verbreiterung des Untersees geht ein Rückgang der Tiefe Hand in Hand. Die Tiefe beträgt bei dem Inselchen noch etwa 120 m und wird nach N. immer geringer. Diese Eigentümlichkeit, daß die der Bergseite zugewandten Seeteile größere Tiefen aufweisen als die alpenfernen, teilt der Zugersee mit andern Randseen. Die Erscheinung wird verständlich durch die Entstehung des Sees. Vom westlichen Ufer schiebt sich noch eine zweite Landzunge, der Kirchberg, nördlich vom Kiemen bei Risch, in den See vor.

Die Ostseite zeigt keine nennenswerte Gliederung. Sie wird in der ganzen Länge flankiert vom Zugerberg, der bis zu einer Höhe von rund 1000 m sich erhebt. Im Süden bei Arth-Goldau schwingt er sich nochmals um 600 m empor und kulminiert im Roßberg und Wildspitz (etwa 1600 m). Dem Roßberge entspricht auf der Westseite des Ufers die steile Nordostwand der Rigi, die rasch zur Depression von Immensee-Küßnach, der engsten Stelle zwischen Zuger- und Vierwaldstättersee, abfällt. Zwischen Roßberg und Rigi senkt sich das Tal von Arth-Goldau ein, das sich nach Süden bis Brunnen am Vierwaldstättersee hinzieht und Fortsetzung findet im Urner Becken. In dieses gewaltige Quertal, das eine Zugangspforte zum Reußtal darstellt, liegt am nördlichen Ausgang der Zugersee in die Molasse eingebettet.

Zwei Theorien, die die Entstehung der alpinen Randseen erklären, stehen sich gegenüber.

Nach Heim sind die Talwannen der Seen durch die erodierende Tätigkeit der alpinen Entwässerungsströme entstanden. Die Becken stellen ertrunkene Täler dar, indem die Alpen »nach Ausbildung der

großen Erosionstäler als starres Ganzes eingesunken sind«. Durch dieses Tiefersinken des Alpenkörpers, nach AEPPLI etwa 400 m, verloren die Flüsse an der Randzone ihr Gefälle und mußten allmählich zu den jetzigen Seen anschwellen. Als Beweis werden rückläufige Terassen und Deckenschotter, deren Schichten Gefälle talaufwärts zeigen, angeführt.

Diese Auffassung wird bestritten durch PENCK, BRÜCKNER u. a., die als Hauptfaktoren der Seewannenbildung die aushobelnde und ausschürfende Gletschertätigkeit betrachten. Wären die Entstehungsbedingungen für den Zugersee durch Flußerosion gegeben, so käme die Reuß, eventuell auch die Muotta in Betracht. FREY weist aber ausdrücklich auf die Schwelle zwischen dem Grunde des Zugersees und des Urner Beckens hin, die sich mindestens über 230 m über den jetzigen Boden beider Seen, der dazu durch Sedimentation erhöht ist, erhebt. Für einen Fluß wäre diese Schwelle ein unübersteigliches Hindernis und eine schluchtartige Durchbrechung dieses Felsriegels läßt sich nicht nachweisen. Außerdem zeigen die Uferhalden am Südende des Sees ein Gefäll, wie es nur dem Oberlauf eines Flusses zukommt.

Wir müssen daher der Erosion durch Gletscher einen Teil der Ausgestaltung des Beckens zuschreiben. Anzeichen und Reste der einstigen Gletscherbedeckung lassen sich überall am See nachweisen. Ortsfremde Gesteine, Granite, liegen verstreut am Kiemen, auf der Höhe des Zugerberges, also fast 600 m über dem jetzigen Seespiegel, so daß wir auf eine Eisdecke von mindestens 800 m Dicke schließen dürfen. Diese Tatsachen machen uns für die Annahme einer so gewaltigen Arbeitsleistung der Gletscher zugänglicher.

Die Zuflüsse sind unbedeutender Art. Von den Flanken des Zugerberges und der Rigi kommen Bergbäche herab, die bei regnerischem Wetter eine verderbliche Wirkung entfalten können. Kleinere Bergrutsche »Erdschlipfe« sind im Gebiete der wenig festen Molasse nicht selten. Größere Wassermengen führt nur die Lorze zu, die im benachbarten Aegerisee ihren Ursprung nimmt. Sie mündet am nördlichen, alpenfernen Ende des Zugersees. Nicht weit davon liegt der Abfluß, der den See nach der Reuß entwässert. Das Zuflußgebiet gehört dem voralpinen Gebiet an, Gletschergebiet ist nicht beteiligt.

Thermisches Verhalten und das Zentrifugenplancton.

PFENNIGER kommt durch seine Studien am Zürichsee zur Aufstellung von sechs periodischen Schwankungen der Temperaturen eines Sees. Am Zugersee kamen nur zwei dieser periodischen Schwankungen

zur vollen Ausbildung, da auf den extrem warmen Sommer 1911 ein milder Winter folgte.

Von den Schwankungen wurden beobachtet die Periode der Abkühlung vom Jahresmaximum (direkte Schichtung) bis zur Bodentemperatur von 4,4°.

Die Erscheinungen der weiteren Abkühlung des Wassers auf Dichtemaximum von 4° (Herbstvollzirkulation) und die folgende auf das Jahresminimum (Winterstagnation, verkehrte Schichtung) kamen nicht zur Ausbildung. Natürlich fielen ebenso die rückläufigen Erscheinungen durch die Erwärmung des Wassers weg. Der See erwärmte sich direkt vom beobachteten Jahresminimum auf das Jahresmaximum 1912.

Die winterliche Abkühlung bedingt Strömungen, die »Convectionsströmungen« im See. Sie entstehen dadurch, daß das durch die Luft abgekühlte Wasser durch sein größeres specifisches Gewicht in die Tiefe sinkt, sich dabei mit den darunterliegenden Schichten mischt und einen Wärmeaustausch herbeiführt. Eine Schicht gleichmäßiger Temperatur wird dabei resultieren. Bei fortschreitender Abkühlung wird die Zone gleicher Temperatur immer mehr nach der Tiefe vorrücken, bis zu einem Zeitpunkt der See fast gleichmäßig temperiert sein wird. Dies war für den Zugersee in der Mitte des Februar 1912 der Fall. Der Unterschied zwischen Oberflächentemperatur (4,75°) und Tiefentemperatur (160 m : 4,4°) betrug nur 3—4 Zehntel Grad.

Diese Ausgleichsströmungen müssen das Bild des sommerlich geschichteten Nannoplanctons natürlich stark beeinflussen. Von den passiven schwebenden Planctonten, Diatomeen und Schizophyceen, dürfen wir von vornherein erwarten, daß ihre Verticalverteilung aufgehoben wird und dafür eine mehr gleichmäßige Schichtung von der Oberfläche bis zum Grunde einnehmen werden. Wie verhalten sich dagegen die Flagellaten? Sie sind ebenfalls zur Winterszeit bis zum Grunde des Sees, also in einer Wasserschicht von fast 200 m nachweisbar. Es mag auf den ersten Blick befremdlich erscheinen, daß diese activen Schwimmer den immerhin schwachen und langsam vor sich gehenden Convectionsströmungen nicht Widerstand leisten können. Doch wir müssen uns erinnern, daß das Wasser sich nahe seinem Dichtemaximum befindet, die Viscosität des niedrig temperierten Mediums sich dem Höchstwerte nähert.

Über die spezielle Verteilung der einzelnen Formen soll bei deren Besprechung das Nähere gesagt werden.

Brutschy hat in den Jahren 1906—09 das physikalische Verhalten des Sees studiert und beschrieben, so daß ich Neues nicht

zufügen kann. Die eignen Temperaturbeobachtungen stehen in Übereinstimmung mit denen des genannten Herrn. Gleiches gilt vom Verhalten der Sprungschicht. Über Transparenz und optisches Verhalten wurden keine Untersuchungen angestellt. Hervorgehoben sei, daß BRUTSCHYS Beobachtungen zu gleichen Ergebnissen geführt haben wie die von LOZERON, AMBERG u. a.

Um das Bild vom Zugersee zu vervollständigen, gestatte ich mir, Tabelle VI aus den »Monographischen Studien am Zugersee« von A. BRUTSCHY hier anzuführen.

Transparenz der verschiedenen Seen.

	Zugersee	Genfersee	Vierwaldstättersee	Bodensee	Zürichsee
Beobachter	Brutschy	Forel	Amberg 1903/04	Forel 1889/91	Lozeron 1900/01
Winter	14,7 m	15,2 m	12,93 m	6,6 m	5,5 m
Frühling	7,1 »	11,7 »	9,67 »	5,2 »	4,7 »
Sommer	4,5 »	7,4 »	6,1 »	4,3 »	3,3 »
Herbst	8,1 »	9,7 »	9,03 »	5,4 »	6,5 »
	8,6 m	11 m	9,4 m	5,4 m	5 m
Extreme					
Maximum	16,9 m	21,5 m	16,6 m	11,5 m	9,4 m
Minimum	3,5 »	6,7 »	4,4 »	1,76 »	2,6 »
Schwankgn.	13,4 m	16,8 m	12,2 m	9,74 m	6,8 m

Methode und allgemeine Bemerkungen.

Im Herbst 1911 begann ich die Untersuchungen über das Zentrifugenplancton im Zugersee. Die Fänge im Herbste beschränkten sich auf das untere Becken und wurden ausgeführt bis zu einer Tiefe von 45 m. Es wurden aus verschiedenen Tiefen: 0 m, 2 m, 5 m, 10 m, 20 m, 30 m, 40 m, 45 m Wasserproben von 1 Liter mittels Planctonpumpe entnommen. Von diesen Proben wurden je 10 ccm zentrifugiert und auf dem Zählobjektträger nach Qualität und Quantität bestimmt.

Bis zur genannten Tiefe war die Zentrifuge verwendungsfähig. Bei dieser Grenze war das Material schon so dünn verteilt, daß von genügender Genauigkeit der Zählmethode nicht mehr die Rede sein konnte. In Anbetracht der kleinen verarbeiteten Wassermenge werden wir gezwungen sein, die untere Verbreitungsgrenze des Nannoplanctons um 10—15 m tiefer zu legen. Streng genommen dürfen wir nicht von einer Grenze im eigentlichen Sinne reden, sondern müssen uns

Temperatur des Zugersees 1911/12.

	26. Okt. 11	6. Nov. 11	27. Nov. 11	12. Dez. 11	6. Jan. 12	10. Febr. 12	2. April 12	21. Mai 12	30. Juli 12	18. Sept. 12
0 m	13,9°	11,8°	9,4°	7,7°	5,6°	4,75°	7,2°	15,7°	—	16°
1 »	14°	11,8°	—	—	—	—	7,1°	14,8°	—	—
2 »	14°	11,8°	9,4°	7,7°	—	—	—	14°	20,6°	14,7°
3 »	13,8°	11,8°	—	—	—	—	7°	—	—	—
5 »	13,8°	11,8°	9,4°	—	—	—	—	12,5°	20,5°	14,5°
8 »	13,8°	—	—	—	—	—	—	—	—	—
9 »	—	—	—	—	—	—	—	—	16°	—
10 »	13,75°	11,8°	9,4°	7,7°	5,6°	4,65—4,7°	6,4°	10,7°	12,2°	14,3°
12 »	13,75°	—	—	—	—	—	—	—	—	—
14 »	11,6°	—	—	—	—	—	—	—	—	—
15 »	9,25°	11,5°	9,2°	7,7°	—	—	—	7,6°	—	10,5°
17 »	—	7,5°	—	—	—	—	—	—	—	—
20 »	6,3°	6,5°	6,6°	—	—	—	—	5°	6,5°	7,3°
25 »	—	—	—	6,4°	—	—	—	—	—	—
30 »	5,1°	5,2°	5,25°	5,75°	5,5°	—	5,2°	—	—	—
50 »	4,75°	4,7°	4,8°	4,8°	5,3°	—	—	4,6—4,7°	4,75°	4,75°
60 »	—	—	—	—	—	—	4,5°	—	—	—
100 »	—	—	—	—	4,3°	4,45—4,5°	—	4,3—4,4°	4,6°	4,6°
150 »	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
160 »	—	—	—	—	—	4,4°	—	—	—	—
180	—	—	—	—	4,3°	—	—	—	—	4,5°

vorstellen, daß die Individuendichte unterhalb der optimalen Zone immer geringer wird, und daß bis zum vollständigen Verschwinden in einer gewissen Tiefe ein allmählicher stetiger Übergang stattfindet. Die Grenze der Beobachtung wird uns gesetzt durch die Leistungsfähigkeit unsrer Hilfsmittel, der Zentrifuge, des Netzes usw.

Ab Januar 1912 wurden die Fänge im oberen Becken mittels Wasserschöpfer (Richard-Wasserschöpfer 600 ccm Inhalt) ausgeführt, um den Einfluß der Convectionsströmungen auf die Verteilung des Nannoplanctons zu studieren.

Der Obersee mit seinen steilen Uferwänden bot den Vorteil einer kurzen Seefahrt. Ausgeführt wurden die Fänge zwischen Walchwil und Immensee, ungefähr an der tiefsten Stelle. Ein Unterschied zwischen beiden Becken konnte nicht festgestellt werden.

Um eine Serie von Stufenfängen von 0—180 m durchzuführen, waren mindestens 2 Tage erforderlich. Diese zeitliche Differenz hat aber nichts zu sagen. Die physikalischen Zustände des Sees sind besonders im Winter sehr konstant und sehr geringem Wechsel unterworfen. Bestätigung findet sich in den angeführten Tabellen.

Die winterliche Abnahme des Nannoplanctons und die Convectionsströmungen führen, wie später dargelegt werden soll, eine starke Verminderung in der Quantität herbei. Zur Vermeidung der dadurch bedingten Fehlerquellen wurde die Filtriermethode mit der Zentrifugiermethode kombiniert. Verwendung fanden die in der Literatur für Planctonfiltration angegebenen Falterfilter Nr. $575^1/_2$ der Firma Schleicher u. Schüll, die mir Herr Professor Bachmann gütigst überließ, und gehärtete Faltenfilter Nr. 605 der gleichen Firma.

Ein halber Liter der geschöpften oder gepumpten Probe wurde in dem Faltenfilter unter Nachspülen der Seitenwände auf etwa 5—10 ccm eingeeengt. Darauf wurde der Boden des Filters durchgestoßen, nachgespült und der Gehalt des abgelaufenen Wassers mittels Zentrifuge bestimmt. Die Vergleichszahlen wurden gewonnen durch direktes Zentrifugieren von 10 ccm Wasser der gleichen Probe.

Kein Verlust beim Filtrieren vorausgesetzt, müßten sich die gewonnenen Werte verhalten wie 50 : 1 d. i. der Quotient aus der filtrierten und zentrifugierten Probe zu der nur zentrifugierten Probe. Die Versuchsreihe ergab als Mittelwerte

für Diatomeen 2 : 1

unter Nichtberücksichtigung eines vom Mittel gänzlich abweichenden, wohl fehlerhaften Resultats,

für Schizophyceen 11 : 1,

für Flagellaten konnte kein brauchbarer Mittelwert berechnet werden.

Die Werte schwankten für *Chromulina ovalis* z. B. zwischen 0 : 1 und 1 : 1, d. h. in der filtrierten, 50fachen Probe wurden keine oder so viel Flagellaten aufgefunden als wie in der nur zentrifugierten!

Ähnlich verhielt es sich mit *Cryptomonas ovata*. Dabei war der Erhaltungszustand ein schlechter. Sie überstehen das Filtrieren also nicht und diese Methode muß ein falsches Bild der Zusammensetzung des Seenplanctons ergeben, indem sie die wichtige Formengruppe der Flagellaten der Beobachtung fast vollständig unzugänglich macht.

So wird es auch verständlich, daß Brutschy, welcher Seidentaffet zur Filtration verwandte, in den »Monographischen Studien am Zugersee« niemals die Chrysomonade *Chromulina ovalis* erwähnt, trotzdem sie das ganze Jahr nachweisbar ist und im Winter dominiert.

Da dieser Versuch gänzlich fehlschlug, blieb nur der Ausweg über, größere Wassermengen zu zentrifugieren. Es stand eine Zentrifuge zur Verfügung mit zwei Gläsern zu je 10 ccm. Der auszentrifugierte Inhalt beider Gläser wurde zusammengetan, frisch aufgefüllt und nochmals verarbeitet, so daß Material von 30 ccm auf die Zählplatte kam.

Die Entnahme der Stichproben konnte unmöglich in regelmäßigen Zeitintervallen vor sich gehen. Die Abhängigkeit des Beobachters von Wind und Wetter ist bei den großen Schweizer Seen immer ein mißlicher Umstand. Längere Sturmperioden, bis zu 2 Wochen, unterbrachen die Arbeit. Besonders machte die »Bise«, ein im Obersee sehr konstant und kräftig wehender Wind, N. bis N.O.-Wind, recht viel zu schaffen. Die Entnahme der Proben steht unter stillschweigender Voraussetzung einer gleichmäßigen Verteilung. Während der Fangzeit, die zumeist den ganzen Vormittag beanspruchte, war es ganz ausgeschlossen, dieselbe Stelle einzuhalten. Selbst bei ganz glattem See wird das Boot von oberflächlichen Strömungen fortgetragen; bei leicht bewegter Oberfläche mehrten sich die Schwierigkeiten, dieselbe Stelle einzuhalten, ganz beträchtlich. Die Abtrift bei mäßig bewegtem See betrug während einer Fangzeit bis etwa 1 km. Doch ist in den Tabellen keine Andeutung einer Schwarmbildung vorhanden, gleiches Resultat zeigen die Zahlen für Horizontalverteilung.

Das Zentrifugenplancton.

Das Zentrifugenplancton tiefer Seen hat bisher noch keine quantitative Bearbeitung durch die Zählmethode erfahren. Als erster Teil mögen deshalb hier die Ergebnisse über die saisonelle Verticalverteilung

angeführt werden; als zweiter Teil folge das Zooplancton des Zugersees und die Beziehungen zwischen beiden.

Die Komponenten, die das Zentrifugenplancton des Zugersees zusammensetzen, sind folgende:

Schizophyceae:

Chroococcus limneticus var. *carneus* (Chodat) Lemm.
Gomphosphaeria lacustris Chod.
Clathrocystis aeruginosa (Kütz) Henfr.

Flagellatae:

Chromulina ovalis Klebs.
Chromulina verrucosa Klebs.
Cryptomonas ovata Ehrbg.
Cryptomonas ovata var. *curvata* (Ehrbg.) Lemm.
Mallomonas producta (Zach.) Iwanoff.
(*Uroglena volvox* Ehrbg.).
Helcomastix ovalis Lantzsch.

Diatomaceae:

Cyclotella comta (Ehrbg.) Kuetz.
Cyclotella melosiroides Lemm.
Cyclotella kuetzingiania Thwait.
Cyclotella socialis Schütt.
Cyclotella glomerata Bachmann.
Cyclotella Schroeteri Lemm.
Synedra delicatissima W. Sm.
Fragillaria crotonensis Kitt.
Asterionella gracillima (Hantzsch) Heib.

Chlorophyceae:

Sphaerocystis Schröteri Chod.
(*Oocystis lacustris* Chod.)
(*Botryococcus Braunii* Kuetz.)
Binuclearia tatrana Wittr.

Als nur zufällig und gelegentlich im Zentrifugenplancton anwesende Formen, deren Individuendichte zu gering ist, um berücksichtigt werden zu können, müssen bezeichnet werden die

Peridineae:

Ceratium hirundinella O. F. Müller.
Peridinium tabulatum (Ehrbg.) Clap. et Lachm.
Peridinium cinctum Ehrbg.
Glenodinium cinctum Pénard.

nach Bachmann und Brutschy.

Gymnodinium helveticum Pénard.

Gymnodinium minimum Lantzsch.

Dazu kommen die Species von *Dinobryon*, Chlamydomonaden und Ciliaten. Ab und zu traten in verschwindender Anzahl ganz kleine Peridineen, pelagische Amoeben, Hydrachniden, Ciliaten (*Chilodon* u. a.) und Flagellaten auf, die für den Haushalt des Sees von keiner Bedeutung sind, doch dem Systematiker reiche Ausbeute versprechen.

Helcomastix ovalis Lantzsch nov. spec. (ev. nov. gen.).

Dieser farblose Flagellat besitzt eine Länge von 9 μ. Unter den Periblasten sind feine glänzende Körnchen eingestreut. In der Mitte liegt bisweilen ein dunkelgelber bis brauner Ballen, wohl Nahrungsballen, eingeschlossen. Der Kern liegt zentral, Vacuole im Vorderende, konnte aber mit Sicherheit nicht festgestellt werden.

Das Charakteristische, was diesen Flagellat auszeichnet und ihm systematisches Interesse verleiht, ist die Art der Fortbewegung. Beide Geißeln, von ungleicher Länge, werden beim Schwimmen nachgeschleppt. Die kürzere Geißel peitscht und beschreibt einen Kegelmantel um die längere, so daß der Organismus um seine Längsachse rotierend vorwärts schwimmt. Die längere, richtungsgebende ist dabei in zitternder Bewegung; es scheint ihr Steuerung und Vorwärtsbewegung obzuliegen. Das ruhige Vorwärtsschwimmen wird zuweilen unterbrochen durch wildes Hüpfen und Springen an einem Orte.

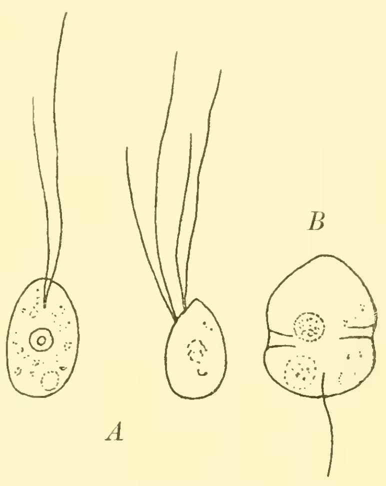


Fig. 2.
A. Helcomastix ovalis.
B. Gymnodinium minimum.

Ein einziges Mal wurde auch das skizzierte Teilungsstadium beobachtet. Durch Herrn Professor Bachmann auf *Helcomastix globosa* Lemm. (Zeitschr. f. wiss. Zool. Bd. XCVII. Hft. 4) aufmerksam gemacht, sei dieser Organismus trotz mancher Abweichung der genannten Form vorläufig angereiht, bis genauere Untersuchungen Aufklärung geben.

Gymnodinium minimum Lantzsch n. sp.

Diese sehr kleine Form, Länge 14 μ, Breite 12 μ, besitzt keine Chromatophoren. Die Längsfurche ist nur angedeutet, die Querfurche ausgeprägt, im Tode sich etwas abrundend. Der Kern liegt central. Die Farbe ist ein glänzendes Silbergrau. Die Form schwimmt unter Rotation um die Längsachse rasch geradeaus.

Cyclotellen.

Die verschiedenen Species von *Cyclotella* (*comta*, *melosiroides*, *kuetzingiana*, *socialis*, *glomerata*, *Schroeteri*) konnten beim Zählen nicht voneinander geschieden werden. Die koloniebildenden Cyclotellen wurden als Einzelindividuen betrachtet und als solche gezählt. Sie treten zur Gesamtmenge der Einzelzellen stark in den Hintergrund, so daß von einer Beeinflussung des Gesamtresultats nicht die Rede sein kann. Als Netzplancton nehmen die Kolonien eine scheinbar dominierende Stellung ein. Die Zellen der solitären Cyclotellen schlüpfen durch die Poren, während die Kolonien ihrer sperrigen Form wegen zurückgehalten werden.

Im Anfange der Untersuchung wurden lebende und tote Exemplare in die Zählung einbezogen. Später wurden plasmaerfüllte und leere Individuen getrennt. Eine genaue Scheidung durchzuführen, war ausgeschlossen, da sich alle Übergangsstadien von gut erhaltenen Chromatophoren zu degenerierten fanden. Tote Cyclotellen konnten nicht von lebenden getrennt werden, höchstens in den unteren Schichten, da beim Absinken genügend Zeit ist, das Plasma zu lösen.

Die herbstliche Tiefengrenze der Cyclotellen liegt bei etwa 45—50 m. In dieser Tiefe waren Cyclotellen mit Plasmainhalt noch nachweisbar. Die Grenze ist vielleicht um 10 m tiefer anzusetzen, in Anbetracht der kleinen Wassermenge, die verarbeitet wurde (10 ccm). Am 28. Dezember 1911 bilden die plasmahaltigen Cyclotellen 10% der vorhandenen Individuen (150 in 10 ccm : 15). Am 22. Januar 1912 sind etwa 55% der Exemplare bei 50 m plasmaerfüllt (130 in 10 ccm) und die Grenze der lebenden Cyclotellen liegt bei etwa 150 m. Wie ist diese Erscheinung zu verstehen? Die von Cyclotellen bewohnte Zone erstreckt sich im Herbste bis 50 m Tiefe. Die Convectionsströmungen dringen bis Ende Dezember in diese Schicht ein und führen lebendes Material mit sich. In dem Maße, wie sie in die Tiefe eindringen, wird diese auch erfüllt, so daß der See von der Oberfläche bis zum Grunde mit plasmahaltigen Cyclotellen belebt ist. Es muß wohl beachtet werden, daß

die Individuenmenge, die im Herbste eine Wasserschicht bis 50 m erfüllte, im Winter bis zum Grunde, also fast 200 m getragen wird. Wollen wir das Zentrifugenplancton des Winters mit dem des Herbstes vergleichen, so müssen wir uns die Verbreitungszone von fast 200 m auf 50 m reduziert denken. Absterben und Vermehrung kann dabei das Gesamtbild modifizieren.

Wir werden durch diese Erscheinung zur Aufstellung von zwei Begriffen geführt:

mittlere Wohndichte,

d. i. die mittlere Dichte der jeweils bewohnten Zone (Winter 0—180 m, die übrigen Monate 0—50 m gerechnet),

mittlere Volksdichte,

d. i. die mittlere Zahl der Gesamtmenge, bezogen auf eine gemeinsame Zone, der Einfachheit halber auf 50 m.

Um letztere Zahl zu erhalten, müssen wir uns die bewohnte Zone von 0—200 m gewissermaßen zusammengeschoben denken auf 0—50 m.

Nun tritt bei den Cyclotellen eine gewisse Schwierigkeit zutage. Die Wassertiefen, in welche die Ausgleichsströmungen im Laufe des Januar und Februar eindringen, sind natürlich schon von absinkenden Schalen erfüllt. Zu diesen mischen sich die durch die Strömungen hinabgetragenen. Dadurch wird verhindert, da eine Scheidung natürlich nicht möglich ist, für die Cyclotellen genaue Werte zu berechnen. Hingegen liegen bei *Chroococcus* die Verhältnisse klar und deutlich.

Die herbstliche Tiefengrenze der Cyclotellen lag, wie schon erwähnt, bei 50 m. Ende Dezember und Anfang Januar beginnen sich die Schichten unter dieser Tiefe allmählich mit lebenden Cyclotellen zu erfüllen, während vorher nur leere absinkende Schalen vorhanden waren; d. h. die Convectionsströmungen dringen in die Tiefe ein. Betrug der Prozentsatz der plasmaerfüllten Cyclotellen in den ersten Tagen des Januar etwa 10%, so sind es am 22. Januar bereits 45%. Dementsprechend sind sie in größeren Tiefen nachweisbar, z. B. 26. Januar 1912 bis 140 m. Die Ausgleichsströmungen nehmen ihren Fortgang, so daß wir am 3. April in 180 m Tiefe plasmaerfüllte Exemplare konstatieren können und zwar 10% der Gesamtzahl der Gehäuse (siehe auch Tabelle vom 6. bis 8. März 1912, S. 644). Mitte April beginnen die untersten Schichten allmählich zu veröden. Die Organismen, die die Wanderung in die Tiefe mitgemacht haben, sterben infolge der ungünstigen Bedingungen aus und Mitte Mai dürfte der Rückzug beendet sein, denn bei 70 m sind lebende Vertreter des Zentrifugenplanctons nicht mehr nachweisbar. Eine Grenze von 60 m hat sich also wieder eingestellt.

Analog mit dieser Erscheinung und im inneren Zusammenhange damit stehend ist die Verlegung der maximalen Zone. Die letzten Septembertage zeigen ein Cyclotellenmaximum in der Schicht von 10 m. Im Anfang Oktober schiebt es sich in die Schicht von 5 m und am 1. November 1911 erscheint die optimale Cyclotellenzone bei 2 m, die beibehalten wird bis über die Mitte des Dezembers.

Bei diesem Aufwärtswandern des Cyclotellenmaximums hat man natürlich nicht an eine aktive Bewegung zu denken. Die abnehmende Lichtintensität läßt allmählich die oberen Schichten in optimale Lebensbedingungen kommen, so daß eine Wucherung eintritt. Dabei findet ein gewisser Ausgleich durch die zunehmende Transparenz des Wassers statt, jedoch überwiegt die Abnahme der Lichtintensität, so daß ein Aufwärtsschieben des Cyclotellenmaximums eintritt. Diese Schichtung, mit einem ausgebildeten Optimum, wird aufgehoben durch die Convectionsströmungen. Die auf S. 644 u. 645 beigegebenen Tabellen

	Herbst: 7. Okt. 11. trüb.						Wintersanfang: 6. Dez. 11. Nebel.						
10 ccm	0 m	5 m	10 m	20 m	30 m	45 m	0 m	2 m	5 m	10 m	20 m	30 m	45 m
							75 %	30 %	35 %	35 %	50 %	80 %	100 % [1]
Cyclotellen	2600	5450	4100	1400	400	200	1000	1000	750	750	800	240	100
Chroococ. lim.	100	450	420	1300	60	40	70	90	50	130	100	10	—
Gomph. lac.	50	80	280	40	—	—	10	20	—	80	20	30	—
Binucl. tatr.	—	—	60	170	10	—	10	20	40	40	10	—	—
Cryptom. ov.	10	20	—	—	—	—	10	100	180	40	10	30	—
Chromul. ov.	100	130	300	60	60	—	200	20	100	140	20	30	—
Mallomonas	—	20	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Helcomast ov.	200	30	270	—	—	—	100	30	70	30	20	—	—

6.—8. März 12.

10 ccm	0 m	3 m	10 m	30 m	60 m	100 m	140 m	180 m
	40 %	23 %	27 %	44 %	65 %	98 %	97 %	94 % [1]
Cyclotellen	500	600	480	650	350	300	250	100
Chroococc. lim.	12	12	8	8	8	4	6	2
Gomph. lac.	6	—	4	2	—	—	2	—
Binucl. tatr.	15	6	15	10	15	6	1	2
Sphaer. Schr.	—	10	6	—	—	—	—	—
Chromul. ov.	310	430	520	180	130	50	50	4
Cryptom. or.	4	12	12	6	4	12	1	—
Helcomast. ov.	20	70	20	8	4	—	—	—
Mallomonas	2	8	4	—	—	—	—	—

Diese Zahlen durch Reduktion aus 30 ccm erhalten.

[1] Die %-Zahlen bedeuten hier und in den folgenden Tabellen den Teil der leeren Cyclotellen.

Aus 30 ccm reduziert.

10 ccm	30. Mai 12. Himmel bedeckt. 0 m	5 m	10 m	20 m	30 m	50 m	70 m	2. Sept. 12. See leicht bewegt, trüb. 0 m	5 m	10 m	20 m	30 m	50 m	70 m
	80%	80%	25%	65%	80%	90%	100%	60%	80%	70%	90%	97%	70%	95%
Cyclotellen	1180	1450	1850	1100	1200	500	270	500	1000	750	250	230	150	50
Synedra del.	60	25	25	15	7	10	6	—	—	—	—	—	—	—
Asterion. gr.	30	25	70	30	7	6	—	—	—	—	—	—	—	—
Fragill. crot.	—	—	2	17	17	17	8	—	—	—	—	—	—	—
Gomph. lac.	10	12	20	7	—	2	—	60	20	90	60	5	2[1]	60[1]
Chroococc.lim.	—	20	7	2	—	—	2	250	250	180	200	15	15[2]	50[2]
Binucl. tatr.	70	35	85	25	10	3	1	—	—	—	—	—	—	—
Sphaer. Schr.	—	10	7	7	7	2	—	—	—	10	5	—	—	—
Chromul. ov.	40	2	5	—	5	—	—	20	—	—	10	30	—	—
Cryptom. ov.	6	4	10	—	—	2	—	—	5	5	—	5	—	—
Mallomonas	20	7	20	2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Heleomast. ov.	10	2	10	40	2?	—	—	60	—	—	—	—	—	—
Cosmar. scen.	3	10	25	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Cryptom. ov. var. cur.	—	—	—	—	—	Detritus sehr reichlich		180	—	—	—	—	—	—
Chromul. ver.	—	—	—	—	—			50	60	10	—	—	—	—

werden rascher und vollständiger ein Bild der Verhältnisse entwerfen als Worte es können.

Der 6. Dezember 1911 zeigt schon den beginnenden Einfluß der Ausgleichsströmungen, indem eine fast gleichmäßige Schichtung von 0—20 m Tiefe herbeigeführt ist. Ein ganz andres Bild bietet die Tabelle vom 6. bis 8. März. Die Mischung ist eine vollständige; zugleich finden wir plasmaerfüllte Cyclotellen bis in die größten Tiefen verbreitet.

Diese Schichtung beginnt Mitte April sich zu verwischen. Die oberen Wasserzonen kommen wieder in bessere Lebensbedingungen, so daß allmählich eine Verteilung mit ausgeprägtem Maximum angestrebt wird. Wir sehen es auch bei 10 m ausgebildet.

Es bliebe nur übrig, die Verteilung des Hochsommers ins Auge zu fassen (Tab. 2. Sept., S. 645). Es zeigt sich hier, daß die lebenden Exemplare ungefähr von 0—10 m gleichmäßig verteilt sind, eventuell ein schwaches Maximum bei 5 m vorhanden ist. Das Optimum vom Mai ist verschwunden, ebenso findet sich keine Andeutung einer Anhäufung bei 10 m wie im Vorjahre. Erst am 16. September zeigt sich ein Maximum bei 5 m. Dies wird verständlich, wenn wir an die so extrem verschiedenen Jahre 1911/12 denken. Das Jahr 1911 mit seinem Übermaß von Licht und Wärme und 1912 so trübe und regnerisch.

[1] Degeneriert. 50 m und 70 m vom 30. Aug. 12.

[2] Entweder hellgelb = degeneriert oder dunkelgrün = Dunkelflora.

Werfen wir noch einen Blick auf die Kurve, welche die Volksdichte wiedergibt. Die erste Höhe im Verlaufe der Kurve dürfen wir nicht als Maximum in Anspruch nehmen, da unbekannt ist, welche Werte vorangehen, doch ist immerhin eine gewisse Wahrscheinlichkeit dafür vorhanden, da BRUTSCHY die stärkste Entwicklung der Diatomeen im Herbste vorfand. Ein zweites Maximum von den Cyclotellen liegt in den Monaten Mai bis Juni. Es fällt zusammen mit dem der andern Vertreter der Diatomeen, *Fragillaria crotonensis* und *Asterionella gracillima*, bei einer Wassertemperatur von etwa 15°.

BRUTSCHY schreibt in den »Monographischen Studien«: »Im Sommer dominieren Formen, die der geringeren Tragfähigkeit des Wassers am besten angepaßt sind. Hierbei gehört vor allem *Ceratium hirundinella*. Ihm gesellen sich Formen bei, die wie *Mallomonas* und *Notholca longispina* sich infolge ihres großen Formwiderstandes mit Erfolg der Sinkbewegung widersetzen sowie solche, die sich durch Eigenbewegung schwebend erhalten können.

In der kalten Jahreszeit werden diese Sommerorganismen von den im allgemeinen kälteliebenden Diatomeen verdrängt.«

Dieser Behauptung BRUTSCHYS kann ich nicht beipflichten. Es widerspricht ihr die Tatsache, daß sich ein ausgeprägtes Maximum von *Mallomonas* nachweisen ließ, welches in die Zeit vom 27. März bis 10. April fiel, also 1—1 $^1/_2$ Monat vor das Diatomeenmaximum. Dadurch wird in Frage gestellt ob den Stacheln von *Mallomonas* wirklich die zugesprochene biologische Bedeutung zukommt. Bis zu einem gewissen Grade finden die eignen Beobachtungen Bestätigung durch die Tatsache, daß H. STEINER am Luganersee ein *Asterionella*-Maximum zur Zeit des Temperaturmaximums konstatierte.

Eine öfters beobachtete Tatsache ist vielleicht noch der Erwähnung wert. Die oberste Schicht wies bisweilen prozentual mehr leere Schalen auf als die darunter liegende 1—2 m Zone. Auch wurde Auxosporenbildung beobachtet.

Zusammenfassung:

Die untere Grenze der plasmaerfüllten Diatomeen befindet sich im Herbste, Oktober bis Dezember, bei etwa 50 m. Durch die Convectionsströmungen gelangen sie bis zum Grunde in den Monaten Januar bis April (—Mai).

Mai bis Oktober 1912 waren die lebenden Cyclotellen bis 60 m (—70 m) nachweisbar. Die Zeit des Maximums fiel nicht in die kälteste Periode, sondern in die Zeit des Monates Mai (—Juni) und eventuell

Herbst. Die Maxima der Verticalverteilung sind während der Sommerstagnation von der Lichtintensität abhängig. Im Herbste 1911 erfolgt Heraufschieben der optimalen Zone von 10 m auf 2 m. Mit den einsetzenden Convectionsströmungen werden die Maxima aufgehoben.

Synedra delicatissima, Asterionella gracillima, Fragillaria crotonensis.

Diese drei Vertreter der Diatomeen gehören nur zur Zeit ihrer maximalen Entwicklung dem Zentrifugenplancton an. Außer dieser Periode sind sie mittels Zentrifuge quantitativ nicht bestimmbar, auch nicht durch Verarbeiten von 30 ccm.

Synedra delicatissima wurde erst berücksichtigt, als sie in größeren Mengen auftrat; das war am 19. April 1912. Sie war damals in einer mittleren Volksdichte von 60 Individuen in 10 ccm vorhanden. Das erste Maximum finden wir im Mai (70 mittl. Volksd. in 10 ccm).

Es fällt zusammen mit dem der andern Diatomeen.

Es tritt dann continuierlicher Rückgang ein bis Mitte Juni (15 in 10 ccm mittl. Volksd.) um dann dem Hauptmaximum entgegenzugehen (95 mittl. Zahl in 10 ccm 5. Juli). Von dieser Höhe sank die Volksdichte herab; es war die zierliche Diatomee ab 24 August 1912 nicht mehr nachweisbar.

Die Tiefengrenze, bis zu der *Synedra* hinabsteigt, liegt bei rund 60 m. Sie ist nicht genau festzustellen, da eine Scheidung in plasmahaltige und leere Exemplare hier unmöglich ist. Die Tiefenlage des Maximums war keine konstante, wie bei den Cyclotellen der Fall war, sondern verhielt sich schwankend. Zumeist war die oberste

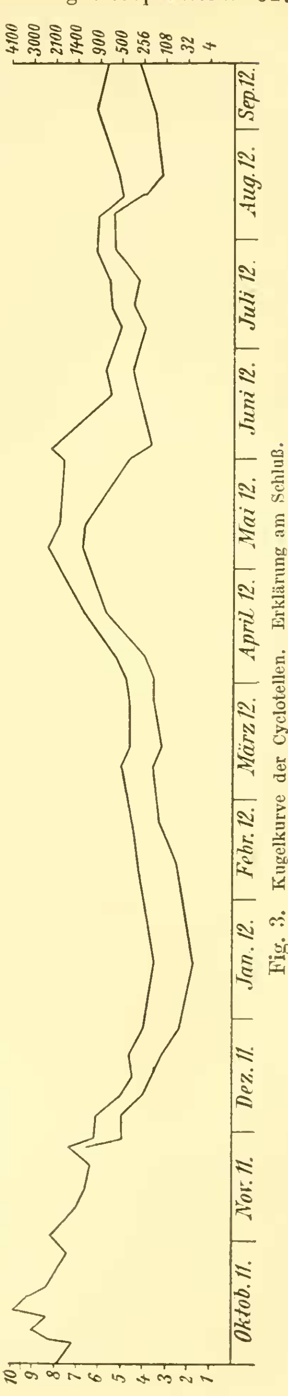


Fig. 3. Kugelkurve der Cyclotellen. Erklärung am Schluß.

10 m-Zone ziemlich gleichmäßig erfüllt. Zur Zeit der stärksten Wucherung war eine optimale Zone um 5 m ausgeprägt. Dieses Maximum sank unter gleichzeitiger Individuenabnahme in die 10 m-Schicht und war schließlich nochmals bei 20 m nachweisbar. Die Erscheinung ist so zu deuten, daß die toten Exemplare absinken und so ein Scheinmaximum vortäuschen.

Viel Analogie in der Erscheinungsweise zeigten die Diatomeen *Asterionella gracillima* und *Fragillaria crotonensis*. Beide traten zum ersten Male am 19. April 1912 in der Zentrifuge auf.

Die Zeit des Maximums von *Asterionella* fiel auf den 25. Mai bis 15. Juni (38 mittl. Dichte), das von *Fragillaria* auf den Anfang Mai und ging bis Mitte des Monats (35 mittl. Dichte). Zur optimalen Periode von *Asterionella* befindet sich *Fragillaria* bereits im Absterben und sinkt ab. Dieses Absterben scheint fast die ganze Masse gleichzeitig zu ergreifen. Die toten Exemplare sinken ab und täuschen ein Scheinmaximum vor. Mit dem Tiefersinken des Maximums werden zugleich die oberen Schichten von Individuen entblößt. Dadurch ist uns die Möglichkeit gegeben, ungefähr die Sinkgeschwindigkeit der beiden Formen zu bestimmen; ein Versuch, der natürlich mit der nötigen Vorsicht aufzunehmen ist.

30. Mai gibt die Verteilung des Maximums an. 3. Juni zeigt keine Änderung. Erst am 17. Juni finden wir das Maximum bei 20 m, am 26. Juni ist in gleicher Tiefe eine Anhäufung zu konstatieren, doch sind die oberen Schichten fast vollständig entblößt von Exemplaren. Das Maximum vom 26. Juni erklärt sich daraus, daß die Sinkgeschwindigkeit bei 6° geringer ist als die bei 11°. Zu bedenken ist auch, daß die Stichproben selten das absolute Maximum treffen, sondern nur ein relatives darstellen. In 14 Tagen (3. bis 17. Juni) ist die Hauptmenge von *Asterionella* abgesunken um etwa 10 m. In 9 Tagen (17. bis 26. Juni) ist die oberste Zone von etwa 8 m von Individuen entblößt und in den nächsten 15 Tagen sinkt das Maximum auf 30 m unter Auflösung von Individuen. Dies ergibt im Mittel etwa $\frac{10}{15}$—$\frac{8}{9}$ m für den Tag. Die Sinkgeschwindigkeit beträgt also $^2/_3$—1 m an einem Tage für Temperaturen zwischen 6° und 11°. Für niedrigere Temperaturen wird sich die Sinkgeschwindigkeit entsprechend vermindern. *Fragillaria* zeigt ein ähnliches Bild; es drängt sich der Eindruck auf, als ob die Gesamtmasse ohne ausgeprägtes Maximum sich im langsamen Absinken befände.

Die Bildung der Maxima von Cyclotellen, *Asterionella, Fragillaria* und das darauffolgende Absterben muß entsprechende Umwälzungen

	Asterionella					Temp.		*Fragillaria*			
30 ccm	30. Mai	3. Juni	17. Juni	26. Juni	11. Juli	17. Juni	30 ccm	3. Mai	10. Mai	22. Mai	30. Mai
0 m	90	80	45	—	5	17°	0 m	100	60	20	—
5 m	70	90	70	—	—	—	3 m	100	150	10	—
10 m	220	170	80	15	5	11°	10 m	100	150	60	5
20 m	90	80	200	130	5	6°	20 m	65	30	(50)	50
30 m	20	50	30	—	30	4,7°	30 m	30	30	(50)	50
50 m	20	?	?	—	5	—	50 m	(25)	—	—	50

Eingeklammerte Zahlen interpoliert.

im SiO_2-Gehalt des Seewassers hervorrufen. Das eine Mal findet sich das Siliciumdioxyd als geformte Substanz, das andre Mal gelöst vor. Es ist ein Faktor, der gewiß seine Rolle im Haushalt des Sees spielt, die zu überblicken wir jetzt außerstande sind.

Chroococcus limneticus var. *carneus* (Chod.) Lemm. = *Chroococcus minutus* var. *carneus* Chod.

Brutschy schreibt »*Chroococcus minutus* var. *carneus* ist mit Unterbrechungen, jedoch zu den verschiedensten Zeiten im Jahre aufgetreten, nimmt aber keinen wesentlichen Anteil an der Bildung des Gesamtplanctons.«

Diese Form fehlte nie in der Zentrifuge. Sie war neben *Chromulina ovalis* zahlenmäßig am stärksten im Plancton vertreten, wenn auch beide Formen quantitativ von den Cyclotellen überflügelt wurden. Die eignen Beobachtungen deuten einen recht regelmäßigen Verlauf in Entwicklung und Schichtung an.

Die herbstliche Schichtung weist ein ausgeprägtes Maximum in der Zone von 20 m auf (siehe Tabelle 7. Okt., S. 644).

Dieses hielt sich, wenn auch nicht so ausgesprochen, bis 7. November; dann nähert sich die Verteilung mehr und mehr einer gleichmäßigen. Es ist dies eine Folgeerscheinung der eintretenden Convectionsströmungen. Bei deren weiteren Eindringen erscheint auch diese Schizophycee in den entsprechenden Tiefen. So finden wir am 12. Januar *Chroococcus* bei 130 m. Dabei ist die Verteilung in den Schichten von 0—80 (—100 m) eine fast gleichmäßige zu nennen. Im März endlich (siehe Tab. 6. März, S. 644) ist diese Form im ganzen See nachweisbar. Ende März beginnen die untersten Schichten sich allmählich zu entvölkern und Mitte Mai ist ungefähr die alte Tiefengrenze von etwa 60 m wieder hergestellt. Im Sommer 1912 lag eine ziemlich gleichmäßige Schichtung von 0—20 m vor, bis im Herbste wieder die typische Schichtung mit Maximum angestrebt wird.

Die Vertreter von *Chroococcus*, die bei 50—70 m im Sommer und Herbste nachgewiesen wurden, waren zumeist hellgelb, es waren absterbende Exemplare, oder zeigten eine auffallend dunkelgrüne Farbe, eine Anpassung an die herrschenden Lichtverhältnisse als Dunkelflora.

Die eignen Angaben stehen im Gegensatz zu den Beobachtungen Brutschys. Brutschy schreibt: ». . . Auch die übrigen Chlorophyceen [vorher *Botryococcus Braunii* angeführt] und die Schizophyceen erreichen ihre untere Grenze zwischen 25 und 35 m. Die größte Tiefe erreichen die Diatomeen, die namentlich im Winter (max. Trans-

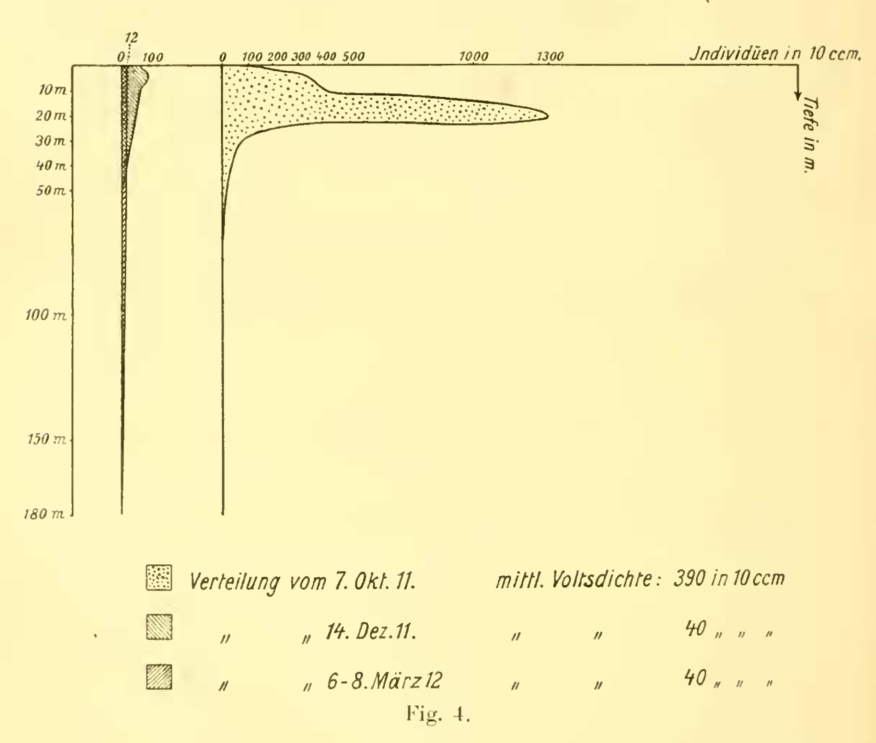


Fig. 4.

parenz) in 50 m Tiefe noch recht zahlreich zu finden sind.« Nach diesem Satze scheint Brutschy der Transparenz den größten Einfluß auf die winterliche Verteilung einzuräumen, weniger den Ausgleichsströmungen, die meiner Meinung nach für die Schichtung der Wintermonate ausschlaggebend sind.

Chroococcus wies im Herbste seine stärkste Entwicklung auf (5. bis 7. Okt. 1911 mittl. Volksdichte 390). Diese sank im Laufe des Herbstes auf 40 in 10 ccm (14. Dez. 1911) und hielt sich ungefähr auf dieser Höhe bis Ende März. In der Zeit von Dezember bis Ende März

ändert sich jedoch die mittlere Wohndichte (d. i. die Dichte bezogen auf den jeweils bewohnten Raum) gewaltig. Die Convectionsströmungen ziehen die bewohnte Schicht immer mehr auseinander, so daß die mittlere Wohndichte sinken muß, während die Gesamtmenge von *Chroococcus* sich gleich bleibt. Der Wohnraum vom Dezember ist fast vervierfacht im Monat März, die Verteilung muß bei gleichbleibender Gesamtzahl eine dünnere sein als wie im Dezember. Entnehmen wir im Winter, ohne die Gesamtverteilung genügend zu berücksichtigen, Proben, so wird ein Minimum vorgetäuscht. Das wahre Minimum fällt in die Zeit von Mitte April bis Anfang Juli. Dann setzte wieder Wucherung ein, um das Herbstmaximum anzustreben.

In die Zeit des Minimums von *Chroococcus* (Mai bis Juni) fällt das Frühjahrsmaximum von *Asterionella*, *Fragillaria* und der Cyclotellen. Ob dieses Aufeinanderfolgen in ursächlichem Zusammenhange, in gesetzmäßiger Abhängigkeit steht, wage ich nicht zu entscheiden.

Zusammenfassung:

Chroococcus limneticus var. *carneus* (Chod.) Lemm. zeigt seine stärkste Entwicklung im Herbst; das Minimum fällt in die Zeit vom April bis Juni (—Juli). (Kurve S. 654.)

Im Herbst ist eine ausgeprägte Schichtung mit deutlichem Maximum in der 20 m-Zone verhanden. Diese wird aufgehoben durch die Convectionsströmungen und die Verbreitung ist eine allgemeine im See. Die sommerliche Schichtung hat keine ausgeprägte optimale Schicht.

Gomphosphaeria lacustris.

Diese Schizophycee spielt bei weitem nicht die Rolle wie *Chroococcus* im Zugersee. Bei der Zählung wurde *Clathrocystis aeruginosa*, die in noch geringerem Maße auftrat, mit unter diese Form einbezogen, einerseits, weil oft eine Scheidung beider beim Zählen schwer war, anderseits, weil letztere quantitativ zu gering vertreten war.

In der Verticalverteilung finden wir in der Zone von 10 m meist ein schwaches Maximum angedeutet, das Anfang November ähnlich den Cyclotellen sich nach oben verlegte. Späterhin verwischte sich die optimale Zone oder war wenigstens nicht mehr nachweisbar. Die untere Grenze liegt im Herbst bei 40—50 m. 9. Januar 1912 war *Gomphosphaeria lac.* bis 70 m, 22. Februar 1912 bis 100 m und im März bis 140 m nachweisbar. Zweifellos ist sie mit den Strömungen bis auf den Grund gewandert, war aber in so geringer Zahl vertreten, daß der Nachweis ausblieb.

Anfang Mai ist der Rückzug vollendet und wir finden sie in der gewohnten Schicht von 0—50 m. Im Sommer zeigte sich ein Maximum wieder bei 10 m mit ziemlicher Regelmäßigkeit.

Die stärkste Entwicklung fiel ähnlich wie bei *Chroococcus* in den Herbst. Vom Dezember 1911 bis Juni 1912 zeigte *Gomphosphaeria* eine Volksdichte von 5—10 Individuen in 10 ccm. Mitte Juli begann der Anstieg. Er erreichte am 16. September 1912 die mittlere Volksdichte von 70, d. i. die gleiche Höhe wie am 28. September des Vorjahres. Die stärkste Entwicklung, die je nachgewiesen wurde, betrug 100 als mittlere Dichte (9. November 1911).

Chromulina ovalis Klebs.

Diese Chrysomonade ist der einzige Flagellat, der in keinem Fange fehlte. Er ist also eine wichtige Komponente im Zentrifugenplancton und seine Ausschaltung durch methodische Unzulänglichkeit muß den Charakter des Planctons falsch wiedergeben. Unsere Methoden, Filtrieren, Zentrifugieren und Fänge mittels Netz, geben stets nur Ausschnitte aus dem Gesamtbilde, das nur mit der nötigen Vorsicht zusammengesetzt werden kann.

Die saisonelle Verticalverteilung verläuft wie bei den schon genannten Formen, so daß sich ein näheres Eingehen unnötig macht.

Die bemerkenswerteste Eigenschaft von *Chromulina* ist die Phototaxis, und zwar reagiert dieser Flagellat negativ phototaktisch. Wir finden bei hellem Sonnenschein die obersten Schichten frei, während in der Nacht sich eine mehr gleichmäßige Verteilung einstellt.

	0 m	2 m	5 m	10 m	20 m	
4. Juli 12.	300	(300)	280	130	verloren	Sternenschein etwa 11—1/21 Nachtfang
5. Juli 12.	—	(50)	100	200	260	hell und sonnig. Tagfang 11—12 Stunden später

Eingeklammerte Zahlen durch Interpolation gefunden.

Es macht den Eindruck, als ob die ganze Masse sich um 3(—5)m nach oben verschiebt. Immerhin ist die Bewegungskraft der Flagellaten nicht stark genug, um den winterlichen Strömungen widerstehen zu können. Nicht verschwiegen sei, daß die Einstellung auf die Lichtintensität nicht immer so exakt erfolgte wie im vorliegenden Beispiele. Die Verschmutzung des Sees durch mineralische Stoffe und Detritus spielt zweifellos eine Rolle. Die Chrysomonaden ziehen reines Wasser

vor. Am 17. Juni nahm *Chromulina ovalis* folgende Verticalverteilung ein.

0 m	5 m	10 m	20 m	
170	—	—	40	Exempl. in 10 ccm
	viel	viel Detritus	wenig	

An den Tagen vorher hatten schwere Wetter gewütet. Die stark angeschwollenen Wildbäche brachten von den Hängen des Zugerberges und der Rigi mit Lehm und mineralischen Detritus beladenes Wasser in den See, der weithin gelbbraun gefärbt wurde. Allmählich sanken diese detrituserfüllten Schichten ab. *Chromulina* zeigte sich im detritusarmen Wasser.

Ein Blick auf die Kurve der mittleren Volksdichte belehrt uns, daß die *Chromulina* ein ausgeprägtes Wintermaximum besitzt, wie dies auch die Tabellen vom 6. bis 8. März im Vergleich zu den übrigen zeigen. Wir finden sie in der Tiefe von 100 m stärker vertreten als im Dezember in den Schichten zwischen 20—40 m.

Am 14. März 1912 war das größte je beobachtete Maximum; die Verteilung folgende:

	0 m	3 m	10 m	15 m	30 m	60 m	140 m	180 m	30 ccm
Chromul. ov.	100	1100	1750	850	?	200	80	20	14. März
Mallomonas	—	60	50	30	?	—	—	—	14. März
Mallomonas	530	280	330	?	15	—	—	—	27. März
Chromul. ov.	5	10	50	?	120	100	30	5	27. März

Am 27. März 1912, die Zwischenzeit war von stürmischem Wetter erfüllt, sehen wir *Chromulina* von ihrer Höhe gestürzt; an ihre Stelle ist *Mallomonas* getreten. Eine fast vollständige Verdrängung hat stattgefunden.

30 ccm		0 m	3 m	10 m
29. März. 12.	*Chromul. ov.*	—	5	300
	Mallomonas	1400	1100	650

Beide Formen scheinen also nicht in größeren Dichten nebeneinander existieren zu können. In den unteren Schichten unter 40 m erhält sich *Chromulina* (siehe 27. März), da sich die Entwicklung

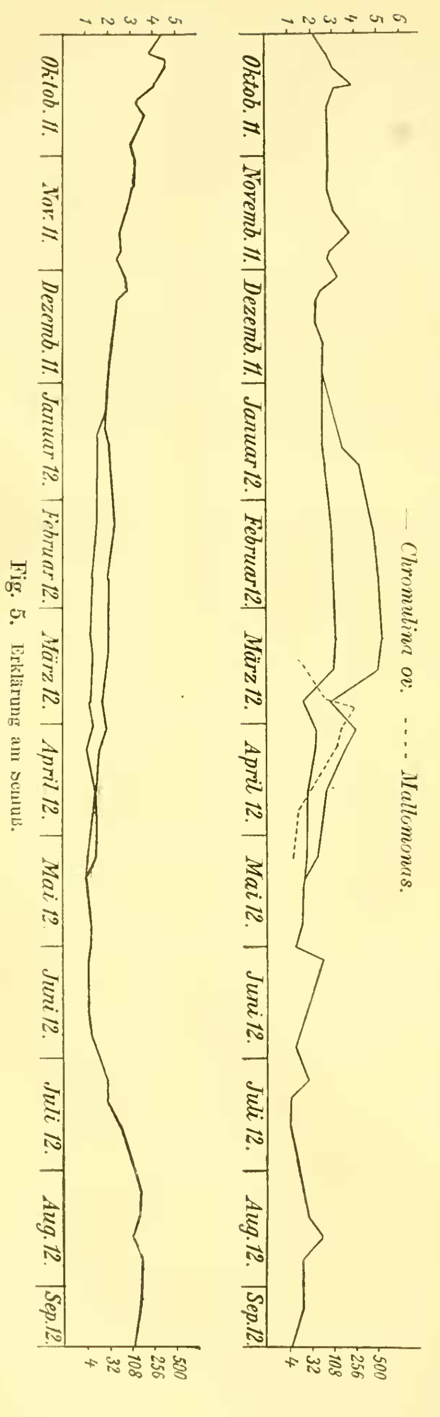


Fig. 5. Erklärung am Schluß.

von *Mallomonas* auf die oberen 40 m beschränkt. Ist diese Unterdrückung von *Chromulina ovalis* durch eine nahe Verwandte, die in mancher Beziehung an den Daseinskampf zwischen *Mus rattus* und *Mus decumanus* erinnert, durch Übervölkerung zu erklären, wobei *Mallomonas* als die besser angepaßte Form den Sieg davonträgt? Beides sind assimilierende Formen mit holophytischer Ernährung. Hierbei käme der Kohlendioxydgehalt in Frage. Es hat diese Annahme wenig für sich, da der See imstande ist, größere Quantitäten assimilierender Organismen zu produzieren. So rasch, wie sich *Mallomonas* entwickelte, ebenso schnell vollzog sich der Abfall.

Zusammenfassung:

Die negativ phototaktische *Chromulina ovalis* ist der häufigste Vertreter der Flagellaten im Zugersee. Die sommerliche Tiefengrenze liegt bei 35—40 m; im Winter ist diese Form im ganzen See verbreitet. Die stärkste Entwicklung zeigt sich im Winter, ungefähr zur Zeit, wo der See von der Oberfläche bis zum Grunde fast gleichmäßig temperiert war.

Chromulina verrucosa Klebs.

Diese Chrysomonade trat auf im August und September 1912.

Zu andern Zeiten blieb der Nachweis aus. Damit soll nicht gesagt sein, daß dieser Flagellat fehlte, sondern nur, daß er sich infolge seines minimalen Auftretens der Beobachtung entzog.

Die untere Grenze von *Chromulina verrucosa* liegt bei etwa 15 m, zur Zeit des Maximums bei etwas mehr als 20 m.

7. August 1912 0 m : 250. | 5 m : 150. | 10 m : 5. | 20 m : 5 in 10 ccm.

Bei trübem und dunstigem Wetter liegt das Maximum an der Oberfläche.

3. August: 0 m : 280. | 1 m : 100. | 2 m : 100. | 5 m : 100 in 10 ccm.

Bei hellem Sonnenschein weichen die Chrysomonaden von der Oberfläche zurück. Vom Maximum sank die Volksdichte wieder herab und nahm am 16. September 1912 folgende Verteilung ein:

0 m : —. | 5 m : 30. | 10 m : 60. | 20 m : —.

Mallomonas producta.

Darin sind inbegriffen die übrigen Species, die beim Zählen nicht zu trennen sind. Außer zu Zeiten des Maximums trat *Mallomonas* in so geringen Zahlen auf, daß diese nicht große Sicherheit beanspruchen dürfen. Die Zahlen schwanken vom Oktober 1911 bis März 1912 zwischen zwei bis sechs Exemplaren in 10 ccm. Im März vollzog sich der rasche Anstieg und die Verdrängung von *Chromulina ovalis.* Das stärkste beobachtete Maximum fiel auf den 29. März mit 290. Dann begann ein rascher Abfall mit einigen Schwankungen auf die Dichte des Vorjahres.

Mallomonas scheint noch mehr als *Chromulina* die oberflächlichen Schichten zu bevorzugen. Im Sommer 1912 konnte ich diesen Organismus fast nie bei 30 m nachweisen, ebenso ging sie zu Zeiten des Maximums kaum tiefer als 35 m. Zur Zeit der stärksten Entwicklung waren bereits die Convectionsströmungen vorüber, und in der Minimumperiode waren deren Einflüsse auf die Verteilung nicht nachweisbar.

Das Maximum der Verticalverteilung lag zumeist nahe der Oberfläche oder es waren die oberflächlichen Schichten bis zu 10 m fast gleichmäßig erfüllt.

Die Frage über die biologische Bedeutung der Stacheln ist bereits angeschnitten worden. Ob ihnen die Aufgabe, die Schwebfähigkeit zu erhöhen, wirklich oder als einziger Zweck zukommt, ist zweifelhaft, da doch die stärkste Entwicklung noch in die kalte Jahreszeit fällt. Die Temperatur betrug etwa 7°. Und daß *Mallomonas* ein den Verhältnissen angepaßter Organismus ist, beweist die Verdrängung der verwandten *Chromulina. Mallomonas* ist eine mit Geißeln ausgestattete Form,

die rascher Bewegung fähig ist, wie die Beobachtungen im Mikroskop lehren. Der Panzer und die Stacheln müssen eher, wenn wir an die starke Viskosität des Wassers von 7° denken, als ein der Fortbewegung hinderlicher Ballast erscheinen. Doch das Gesetz der Sparsamkeit in der Natur verlangt, derartige Gebilde als in sich begründete und nicht als zufällige aufzufassen.

Cryptomonas ovata.

In der Entwicklung bleibt *Cryptomonas* weit hinter *Chromulina ovalis* zurück. Die Reinheit und Klarheit des Zugersees mögen dazu Bedingung sein, denn die *Cryptomonas*-Formen sind am zahlreichsten vertreten in verschmutztem Wasser. Anderseits verstehen wir die reiche Entwicklung von *Chromulina* und der Dinobryon-Species — der Zugersee gehört zu den Dinobryonseen — die zu ihrer Entfaltung reines Wasser benötigen.

Die mittlere Wohndichte schwankt vom September 1911 bis Mitte November 1911 zwischen 5—20 Individuen in 10 ccm. Dann steigt sie an und erreicht ihr Maximum mit etwa 70 am 4. bis 6. Dezember 1911 (*Chromulina* 570), um wieder auf die alte Dichte herabzusinken. Ein zweites Maximum, von gleicher Höhe, aber nicht sicher nachgewiesen, fiel auf den Anfang Februar 1912. Dann schwanken die Zahlen zwischen 10—40, um in der Zeit von Juli bis September 1912 auf 1 herabzusinken und oft sich dem Nachweis zu entziehen. Die untere Grenze konnte im Sommer und Herbst wegen Seltenheit nicht bestimmt werden, wird wohl in der Tiefe von 40—50 m liegen.

Die Convectionsströmungen ziehen *Cryptomonas* in ihr Bereich. Am 9. Januar 1912 war dieser Organismus nachweisbar in einer Tiefe von 100 m (3 in 10 ccm), am 12. Januar in gleicher Zahl bei 140 m. In den Grundproben (etwa 190 m) war der Flagellat gleichfalls vertreten und zwar in 30 ccm ein Exemplar. Bereits Anfang März ist *Cryptomonas ovata* in den untersten Schichten nicht mehr nachweisbar. Die Widerstandskraft gegen die ungünstigen Bedingungen scheint eine geringere zu sein als wie bei *Chromulina*.

Binuclearia tatrana.

Bei dieser Form ist die Species noch nicht ganz sicher gestellt. Nach freundlicher Mitteilung von Herrn Brutschy ist es »*tatrana*«, nach Ansicht von Herrn Prof. Bachmann stellt sie eventuell eine neue Species dar. Wegen Literaturmangels konnte kein Entscheid gefällt werden.

In der Erscheinungsweise zeigt *Binuclearia* manche Analogie mit *Chroococcus limneticus* var. *carneus*. Dies tritt besonders in der Verticalverteilung hervor. Die herbstlichen Optima fallen zusammen, beide finden wir in einer Tiefe von etwa 20 m entwickelt. In dieser Schicht konstatieren wir das Maximum bis zum Anfang des November 1911. Dann nahm die Verteilung einen mehr gleichmäßigen Charakter an; die eintretenden Strömungen sind auch hier der Grund. Und letztere führen diese Alge in die Tiefen des Sees. Im Mai finden wir ein Optimum bei 10 m angedeutet.

Binuclearia entwickelte im Zugersee in ihrem saisonellen Auftreten zwei schwache Maxima. Das herbstliche trat auf in den Monaten Oktober und November mit 40 und 60 als mittlere Volksdichte. Dann folgte ein winterliches Minimum (5—20). Mai und Juni ließ ein Frühlingsmaximum konstatieren (50 mittl. Dichte). Es setzte eine Periode der Degeneration ein und vom 28. Juli entzog sich *Binuclearia* dem Nachweis mittels Zentrifuge.

Sphaerocystis Schröteri.

Nur zur Zeit des Maximums war diese Grünalge in genügender Anzahl vorhanden, um Berücksichtigung zu finden. Dieses fiel in die Zeit des April und stimmt ungefähr mit Brutschys Angaben überein. Die Verteilung war am 24. April folgende:

0 m : 10.	3 m : 10.	10 m : 40.	20 : m 25.	30 m : 2.

Exemplare in 10 ccm (gefunden durch Reduktion aus 30 ccm). Es setzte dann eine kontinuierliche Abnahme ein, dabei blieb das relative Maximum bei 10 m Tiefe erhalten. Im Juni schien eine mehr gleichmäßige Verteilung vorzuliegen, jedoch entzog sich diese Form an der Oberfläche zumeist der quantitativen Bestimmung. Ich kann den Satz Brutschys: »Sie ist am zahlreichsten an der Oberfläche und gedeiht bis 20 m«, nicht unbestritten lassen.

Die Chlorophycee: *Oocystis lacustris* Chod. und die Conjugate: *Cosmarium scenedesmus* Delph. ließen sich ab und zu nachweisen. Jedoch war das Auftreten ein zu seltenes, als daraus Schlüsse hätten gezogen werden können.

Gymnodinium minimum.

Die Verteilung dieses chromatophorenfreien *Gymnodiniums* scheint mit dem Nahrungsbereich zusammenzufallen. Es scheint in der Auswahl keine Anforderungen zu stellen. Einmal fand sich ein Stück von einem *Binuclearia*-Faden in der Zelle. Auch kann diese Form

den Convectionsströmungen nicht wiederstehen. Es ließ sich Anfang Februar 1912 in 180 m Tiefe nachweisen; am 15. Februar war es relativ häufig, 30—40 Exemplare in 30 ccm, in genannter Tiefe vertreten.

Die optimale Schicht der Verticalverteilung ließ sich nur zur Zeit der stärksten Entwicklung feststellen. Die am dichtesten bevölkerte Zone lag stets an der Oberfläche. Die stärkste Entwicklung fiel in die Mitte März bis Anfang April. 14. März 1912: mittlere Volksdichte 50 in 10 ccm; 27. März 1912: 25; 6. April:.30. Außer dieser Zeit bewegten sich die Zahlen unter 10.

Horizontalverteilung.

Bei der großen Schwierigkeit, das Boot auf gleicher Stelle zu halten, oder gar denselben Ort der vorhergehenden Fänge zu treffen, müssen wir mit einer gleichmäßigen Verteilung rechnen. Wäre Schwarmbildung vorhanden, so hätte sich diese bei der großen Anzahl von Fängen wenigstens einmal geltend machen müssen. Aber es zeigt sich, daß, bei einer starken Vermehrung diese das ganze Gebiet ergreift und stets an mehreren Fangtagen, wie bei *Mallomonas*, oder Wochen hindurch gleichmäßig zu beobachten ist, wie bei *Chromulina* und *Chroococcus*.

Das gleichmäßige Verhalten der großen und tiefen Seen, deren physikalische Änderungen sich nur langsam vollziehen und deren Reaktion auf äußere Umwälzungen, wie der Temperatur, nur träge erfolgt, setzt schon eine Horizontalverteilung ohne Schwarmbildung voraus. An aktive Zusammenscharung der schwebenden, unbeweglichen Nannoplanctonten ist nicht zu denken, höchstens käme dies bei den Flagellaten in Betracht.

Zur Illustration der Verhältnisse seien einige vergleichende Oberflächenproben hierher gesetzt. Es sei in Erinnerung gebracht, daß die Uferwände steil und jäh sind.

Kleine Zahlen können naturgemäß kein Kriterium abgeben.

Beim Durchmustern nachstehender Tabelle ergibt sich gleichmäßige Verteilung bis an die Uferwände heran, außer für die Cyclotellen und *Helcomastix*.

Die Cyclotellen zeigen gleichmäßige Verteilung oder wie die zwei letzten Fänge lehren, eine Abnahme gegen das Ufer. *Helcomastix* weist eine Zunahme gegen das Ufer auf. Dieser farblose Flagellat scheint in dem mit Detritus und Nährstoffen beladenem Uferwasser bessere Existenzbedingungen zu finden als in der Planctonzone.

U = Uferzone, neben Ufermauern geschöpft; Pl = Planctonzone.

U	Pl	U	Pl	U	Pl	30 ccm
3300	3000	2900	5500	900	1650	*Cyclotellen*
—	—	110	160	—	—	*Asterionella gr.*
240	180	140	330	20	35	*Synedra del.*
25	—	—	20	670	800	*Chroococcus lim. v. carn.*
15	—	10	50	80	60	*Gomphosph. lac.*
45	30	30	10	35	20	*Sphaerocyst. Schr.*
120	45	50	150	—	—	*Binucl. tart.*
550	90	80	60	320	270	*Chromul. ov.*
—	—	—	—	730	800	*Chromul. verr.*
—	—	—	—	115	80	*Cryptomonas ov.*
45	20	60	20	115	5	*Heleomastix ov.*
—	—	80	90	—	—	*Mallomonas*
4340	3365	3460	6390	2975	5720	

Bei *Binuclearia* stehen sich zwei entgegengesetzte Resultate gegenüber. *Chromulina* zeigt mehr eine Tendenz zu gleichmäßiger Horizontalverteilung in beiden letzten Fällen, die das erste Resultat wieder abschwächen. Wir dürfen wohl von gleichmäßiger Horizontalverteilung die sich bei steilen Ufern bis in diese Region erstreckt, sprechen. Nur daß die Cyclotellen eine Abnahme erfahren, die aber nicht unter den Begriff der Schwarmbildung fällt.

Anhang:

Es sei noch kurz die Entwicklung der *Dinobryon socialis*-Gruppe angeführt, durch welche der Zugersee seine Zugehörigkeit zu den Dinobryonseen dokumentiert. Diese Formen gehören nicht mehr dem eigentlichen Zentrifugenplancton an. Die Wucherung setzte ungefähr in der Mitte des Oktober 1911 ein. Die Zahlen sind gewonnen durch Filtration von 20 Liter Seewasser durch das Netz ohne Berücksichtigung des Filtrationscoefficienten.

Bei 10 m waren am 17. Oktober etwa 100 Dinobryenkolonien in 20 Liter vertreten. Die Wucherung schritt fort und wir finden die stärkste Entwicklung in der Tiefe von 5—10 m. Am 7. November 1911 lag das Maximum vor.

0 m	2 m	5 m	10 m	20 m	30 m	45 m	20 Liter
1650	2200	2000	2400	300	?	?	7. Nov. 11
?	1850	1450	1600	200	20	10	9. Nov. 11

Schon am 9. November zeigt sich ein Rückgang und am 28. November finden wir 40 Kolonien bei 10 m in 20 Liter. Der Anstieg zum Maximum und der Abfall vollzog sich fast in gleichen Zeiträumen.

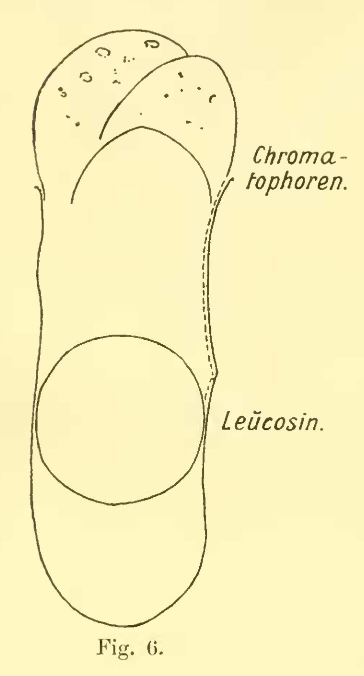


Fig. 6.

Einmal kam ein Dinobryon aus etwa 180 m Tiefe zur Beobachtung, das kein zugespitztes, sondern abgerundetes Gehäuse zeigte. Der Flagellat entschlüpfte während der Beobachtung dem Gehäuse und wurde in dem Moment gezeichnet. Es stellt diese einmal beobachtete Form wahrscheinlich die Keimung der Spore dar.

Ceratium hirundinella wurde nur im Herbste 1911 in die Untersuchung einbezogen. Die Zahlen können einer Kritik nicht standhalten, da ein unbestimmbarer Teil in den Netzwänden hängen bleibt und für die Zählung verloren geht.

Die optimale Zone zeigte sich mit ziemlicher Konstanz bei 5—10 m.

Als Beispiel seien die beiden beobachteten Maxima 1911 angeführt, wobei nicht ausgeschlossen ist, daß ein sommerliches Maximum vorausgegangen ist.

	0 m	2 m	5 m	10 m	20 m	35 m	
13. Okt. 11	?	1200	2450	3250	1650	700	20 Liter
27. Okt. 11	?	3250	3300	1800	800	400	

Es setzte dann starker Rückgang ein; am 9. November waren etwa 1000 Exemplare in 20 Liter vorhanden.

In den Monaten Dezember bis Februar wurde in den oberflächlichen Schichten *Anabaena flos aquae*, vergesellschaftet mit *Botryococcus Braunii* beobachtet.

Anabaena flos aquae sedimentierte sich nicht beim Zentrifugieren. Es waren in einem von der Oberfläche geschöpften Liter 50—70 dem Auge sichtbare Kolonien vertreten. Bei diesen Formen könnte man eventuell von einer passiven Schwarmbildung sprechen. Als gut an-

gepaßte Schwimmer halten sie sich nahe der Oberfläche auf und werden durch Wind in Buchten zusammengetrieben. Am Landungsplatze in Zug war nach S.-W.-Winden ein Streifen faulender Anabaenen im Ufersande aufzufinden. Wind und oberflächliche Strömungen können im Limneticum Anhäufungen, wenn auch nicht sehr ausgeprägt, herbeiführen.

Überblicken wir kurz das Nannoplancton in seiner Zusammensetzung zu einander.

Von den Formen, die im Zentrifugenplancton auftraten, sind grüne oder blaugrüne.

Schizophyceae:

Chroococcus limneticus var. *carneus.*
Gomphosphaeria lacustris.
Clathrocystis aeruginosa.

Flagellaten:

Cryptomonas ovata.
Cryptomonas ovata var. *curvata.*

Chlorophyceen und Conjugaten:

Sphaerocystis Schroeteri;
Binuclearia tartrana,
Oocystis lacustris,
Botryococcus Braunii,
Chlamydomonaden,
Cosmarium scenedesmus.

An Formen mit gelben Chromatophoren waren vorhanden.

Diatomeen:

Cyclotella,
Synedra delicatissima,
Fragillaria crotonensis,
Asterionella gracillima.

Flagellaten:

Chromulina ovalis,
Chromulina verrucosa,
Mallomonas,

dazu treten die Dinobryen und die verschiedenen Peridineenspecies.

Von den grünen und blaugrünen Formen sind von Bedeutung:

Chroococcus limneticus var. *carneus.*

Maximum: 390, erste Hälfte des Oktober.

An Bedeutung treten zurück

Gomphosphaeria lacustris und

Clathrocystis aeruginosa.

Maximum 80—100 in den ersten Hälfte des Oktober und in der ersten Novemberwoche

Cryptomonas ovata und

Cryptomonas ovata var. *curvata.*

Maximum 70 im Anfang Dezember und Maximum 60 Ende Juli

Binuclearia tartrana.

Maximum 40—60 erste Hälfte des Oktober und November

Sphaerocystis Schroeteri, Maximum April.

Die übrigen Formen treten zurück.

Von den Formen mit gelben Chromatophoren sind die wichtigsten:

Cyclotellen:

Herbstmaximum etwa 1400—1700, Mitte Oktober;

Frühjahrsmaximum 1150, Anfang Mai.

Dazu treten *Synedra, Fragillaria* und *Asterionella.*

Die Diatomeen weisen quantitativ die höchsten Zahlen auf.

Chromulina ovalis.

Maximum: 570 im März.

Wir finden beim Vergleichen beider Gruppen ein zahlenmäßiges Überwiegen der gelben Formen ausgeprägt und einen größeren Formenreichtum angedeutet. Diese Erscheinung wird sich auf die Reinheit und Klarheit des Wassers zurückführen lassen. Beweis dafür ist auch, daß die gelben Formen ihre stärkste Entwicklung im Winter oder kurz vorher oder nachher aufweisen, also zur Zeit der größten Transparenz und Klarheit. Ob ein innerer Zusammenhang zwischen Lichtverhältnissen, wie Absorption der verschiedenen Lichtstrahlen durch das Wasser, Transparenz usw. und der Ausbildung der gelben Chromatophoren besteht, kann nicht entschieden werden.

Werfen wir noch einen Blick auf die Mengenverhältnisse in Seen und Tümpeln. Colditz und ich hatten im Jahre 1911 in den Teichen zu Cospuden bei Leipzig Beobachtungen angestellt. Ein Beispiel wird uns die Gegensätze vor Augen führen (nebenstehende Tabelle, oben).

Wir sehen, wie sich das Verhältnis zugunsten der saprophytischen *Cryptomonas-* und *Euglena*-Formen verschoben hat und wie gelbe Formen quantitativ und qualitativ in den Hintergrund treten. Zugleich fallen die starken Unterschiede in der Quantität des Nannoplanctons auf. Das läßt einen Rückschluß zu auf den Gehalt an organischen

	Crypt. ov.	*Scened. 4 caud.*	Diatomeen	Euglenen	
0 m	11000	1100	100	950	in 10 ccm
1/2 m	18500	1100	180	4800	22. Juni 11 19¾° C.
0 m	400	1000	370	370	in 10 ccm
1/2 m	700	3500	330	1850	27. Juni 11 20° C.

Nährstoffen in gelöster Form. Im Zugersee waren Bodoformen und deren biologische Verwandte selten. Die Keimzahl ist, wie NUSSBAUMER darlegte, ebenfalls eine sehr geringe.

Auch derartige gewaltige Differenzen, wie sie sich hier in kurzer Zeit ausbilden, vermissen wir im Haushalt großer Seen, abgesehen von Ereignissen wie die Verdrängung von *Chromulina* durch *Mallomonas*. Wir sehen vielmehr das Ansteigen zum Maximum und den Abfall sich in ziemlich ruhiger Weise vollziehen. Die großen Wassermassen stellen den kleinen Teichen und Tümpeln gegenüber ein träges Medium dar. Sie sind den äußeren physikalischen Schwankungen, der Beeinflussung durch Abwässer viel weniger unterworfen als ein kleines Becken. (siehe Kurven).

Die Jahre 1911/12 stellen starke Extreme dar inbezug auf Wärme und Besonnung. Der Einfluß, der hierdurch zum Ausdruck kam, äußerte sich mehr nach der quantitativen Seite als nach der qualitativen. Die Verteilung zeigt sich am Anfang und Ende der Untersuchung als fast die gleiche.

	Cyclotellen		*Chroocc. lim. v. ca.*		*Gomphosph. lac.*		*Chromul. ovalis*	
	1911	1912	1911	1912	1911	1912	1911	1912
0 m	2500 [1]	500 [1]	380	150	80	90	—	20
2 m	2400	(750)	260	(140)	80	(70)	20	—
5 m	2100	950	300	140	70	50	70	5
10 m	4300	850	550	130	140	90	70	5
20 m	250	370	370	240	30	80	—	5
30 m	150	230	70	30	—	15	—	5
	11700	3650	1930	860	400	395	160	40

eingeklammerte Zahlen interpoliert.

Die stärksten quantitativen Unterschiede zeigen sich bei den Cyclotellen. 1911 tritt das Maximum in der 10 m-Zone auf, hingegen

[1] 1. Reihe: 28. Sept. 11. — 2. Reihe: 16. Sept. 12.

liegt es 1912 noch zwischen 5 und 10 m. Bei *Chroococcus* finden wir charakteristische, fast gleichmäßige sommerliche Verteilung trotz quantitativer Unterschiede. Bei *Gomphosphaeria lacustris* bereitet sich 1911 das Maximum bei 10 m vor, welches 1912 noch nicht zur Ausbildung gelangt ist.

Es ist hier vielleicht der Ort, die Ernährungsbedingungen in der Tiefe einer kurzen Erörterung zu unterziehen. Die Convectionsströmungen hatten das in den oberen Schichten angesammelte Nannoplancton bis zum Grunde verbreitet. Die assimilierenden Formen, Flagellaten, Schizophyceen und Diatomeen, werden aus Zonen, in denen sie ihre Lebenstätigkeit voll entfalten können, in Regionen geführt, die für die Aneignung des Kohlendioxyds immer ungünstiger werden. Die allein ausnutzbaren gelben und roten Strahlen dringen bekanntlich am wenigsten tief ein, während die violetten nicht so rasch verschluckt werden. Dazu tritt im Winter die geringe Erhebung der Sonne über den Horizont, kurze Belichtungsdauer und die häufige Nebelbedeckung. Ausgleichend wirkt die größere winterliche Transparenz, die den drei- bis vierfachen Wert der sommerlichen erreicht. Immerhin muß die große Tiefe von 180—200 m Bedenken erregen. Für einen Organismus wie *Cryptomonas ovata* ist der Übergang von holophytischer Ernährungsweise nicht unwahrscheinlich. Weist doch das massenhafte Auftreten in gedüngten Teichen und Tümpeln usw. auf die Fähigkeit der Ausnutzung organischer Nährflüssigkeit hin. Gleiches könnten wir auch *Chromulina ovalis* zugestehen, wenn auch hier sichere Beobachtungen nicht vorliegen.

Größere Schwierigkeiten bereiten dieser Annahme die Diatomeen und die Schizophyceen. Unter den Diatomeen nützen die *Nitzschia*-Arten organische Nährlösung aus. Von Cyanophyceen meldet Pringsheim allerdings, daß drei reinkultivierte Species von *Oscillaria* und *Nostoc* sich im Dunkeln wohl wochenlang lebend hielten, ohne sich aber zu entwickeln.

Auch weist die so häufige Symbiose von Ciliaten mit Grünalgen darauf hin, daß wir diesen niederen Algen die Fähigkeit, sich in zweifacher Weise zu ernähren, nicht ohne weiteres absprechen dürfen.

Sind wir aber genötigt, in vorliegendem Falle zu dieser Annahme zu greifen, um die Fortdauer der assimilierenden Formen in der Tiefe zu erklären?

Erinnern wir uns an *Chroococcus limneticus* var. *carneus*. Diese Form hatte ich in zweifellos lebenden Exemplaren im Sommer 1912 noch bis 70 m Tiefe nachgewiesen. Die sommerliche Transparenz des

30. Mai 12: trüb, bedeckt. 20 Liter.

30 ccm	*Cyclotellen*	*Synedra del.*	*Aster. grac.*	*Chrooc. lim.*	*Gomphosph. u. Clathroe*	*Binuel. tart.*	*Sphaer. Schr.*	*Chromuli ov.*	*Helcom. ov.*	*Mallomonas*		*Daphnia hya.*	*Bosmina coreg.*	*Diapt. grac.*	*Diapt. lac.*	*Cyclops leuck.*	junge *Diapt.*	junge *Cyclops*	*Nauplien*	S. s. 20 l.
0 m	3500	170	90	—	30	220	—	120	30	60	80 %	1 jg.	—	—	—	—	1	1	16	19
5 m	4400	140	70	60	35	100	30	5	5	20	80 %	10 jg.	3	—	—	12	7	14	150	196
10 m	5000	140	220	20	60	250	20	10	30	60	25 %	3	1	—	—	9	48	56	36	153
20 m	3250	40	90	10	20	80	20	—	10	5	63 %	7	21	3	—	6	74	17	80	208
30 m	3700	20	20	—	—	30	20	10	—	—	75 %	7 jg.	17	3	—	3	74	1	65	170
50 m	1600	30	20	—	—	20	5	—	—	—	90 %	—	1	1	1 ♀	—	28	—	20	51
70 m	750	20	—	5	—	10	—	5?	—	—	100 %	—	1	—	—	—	4	—	5	10

Die Prozentzahlen bedeuten % leerer Gehäuse von *Cyclotellen*.

17. Juni und 18. Juni: See durch Wildbäche verschmutzt.

30 ccm	*Cyclotellen*	*Synedra del.*	*Aster. grac.*	*Fragill. crot.*	*Chrooc. lim.*	*Gomph. lac.*	*Binuel. tart.*	*Sphaer. Schr.*	*Chrom. oval*	*Cryptom. ov. r. curv.*	*Mallomonas*	*Cosmar. scen.*		*Daph. hyal.*	*Bosmina cor.*	*Diapt. grac.*	*Cyclops str.*	*Cyclops leuck.*	junge *Diapt.*	junge *Cyclops*	*Nauplien*	S. s. 20 l.
0 m	1650	65	40	—	40	10	30	20	170	190	90	40	20 %	1 jg.	—	—	—	—	—	4	15	20
5 m	1550	50	60	—	50	10	30	20	—	—	40	30	20 %	2	—	—	—	—	3	18	46	69
10 m	1200	65	70	—	40	30	10	30	—	—	30	5	40 %	8	2	1 ♀	—	1	16	33	6	67
20 m	1250	5	220	—	—	5	10	60	40	—	—	—	80 %	19	4	—	—	4	29	36	16	108
30 m	1250	20	30	5	10	5	5	30	10	—	—	5	95 %	3	10	1 ♀ 2 ♂	1	—	50	9	11	85
50 m	500	15	20	30	—	—	—	—	—	5	—	—	92 %	—	2	—	—	—	7	—	18	27
70 m	450	5	—	20	5	—	—	5	5	5?	—	—	99 %	—	—	—	—	—	2	1	4	7

Die Schichten über 20 m sehr stark mit mineral. Detritus versetzt.

30. Aug. 12: sonnig, See glatt — leicht bewegt.

30 ccm	Cyclotellen	Chrooc. lim.	Gomphosph.	degener. Sphaer. Schr.		Diapt. grac.	jg. Cyclops	jg. Diapt.	Nauplien	Triarthra	Anur. cochl.	Diapt. lac.	Anur. acul.	Floscularia mut.	Notholca lg.	Ploesoma tr.	
50 m	470	50[1]	5[2]	5	70%	1 ♀	3	7	12	1	20(14)	1 ♀	(1)	1	—	—	wenig Detrit
70 m	140	150[1]	20[2]	30	95%	—	2	1	10	—	(10)	3 ♀	—	—	1 mit Ei	(2)	viel »

[1] entweder degeneriert oder auffallend dunkelgrün. [2] degeneriert. Eingeklammerte Zahlen = leere Gehäuse, die in Abzug gebracht werden müssen.

Zugersees beträgt nach Brutschy im Mittel etwa 4,5 m. Die optimale Zone, wo diese Schizophycee im Oktober und November die besten Bedingungen für Lichtausnutzung fand, lag in der beträchtlichen Tiefe von etwa 20 m. Die untere Grenze lag in ungefähr demselben Niveau wie im Sommer. So hat auch die Anschauung Berechtigung, es möchte die geringe Lichtquantität, die bei größter Transparenz (etwa 15—17 m) bis in die Tiefe von 200 m dringt, ausreichend sein, um assimilierenden Formen das Leben zu fristen. Sicheren Aufschluß können erst photometrische Messungen und Dunkelkulturen bringen.

Daß eine reiche Welt von nicht assimilierenden oder saprophytischen Formen, wie Ciliaten, den am Grunde sich ansammelnden Detritusregen ausnutzt und ihre Existenzbedingungen findet, bewiesen die Fänge vom Grunde (etwa 190 m), die ich im Winter 1911/12 ausführte. Zwischen dem feinen, vom Wasserschöpfer aufgewühlten Bodensediment fanden sich als Vertreter einer specifischen Bodenfauna

- Gastrotrichen (*Chaetonotus*),
- farblose Flagellaten (*Astasia* u. a.),
- *Multicilia*? eine *Oscillatoria* (nur am Grunde nachgewiesen),
- drei bis fünf Species von Ciliaten (*Loxophyllum, Holophria, Pleuronema* u. a., die beiden letzteren auch pelagisch).

Daß im Winter, wo dem Grunde organisches Material in reichlichem Maße zugeführt wird, dieser auch für höhere Tiere bewohnbar wird, zeigt

das Auftreten der Fische, *Lota vulgaris*, eines Grundfisches, in Tiefen von 150—180 m. Die Fischer legen ihre Legangeln im Winter bis in genannte Tiefe, im Sommer bis 60—80 m.

Diese dürftigen Angaben zeigen, daß ein reichhaltiges Leben auf dem Grunde möglich ist. Die Existenzbedingungen scheint der Detritusregen, der im langsamen Strome herabsinkt, zu liefern. Dazu kommt im Winter das Material, welches die Convectionsströmungen mit sich führen. Cyclotellen, Panzer von *Anuraea* usw. unterliegen am Boden einer langsamen Zersetzung und geben die Grundlage für eine saprophytische Organismenwelt, die bei systematischer Durchforschung mit geeigneten Hilfsmitteln sich noch beträchtlich vermehren ließe. Vielleicht gibt auch hier die Zentrifuge und Untersuchung des lebenden Materials einen ungeahnten Aufschluß über Flagellaten, Bacterien und Ciliaten.

II. Teil.

Das Zooplancton und seine Beziehung zum Nannoplancton.

Leider konnte nicht das Zooplancton in dem Maße, wie anfänglich beabsichtigt war, in den Gang der Beobachtung einbezogen werden. Es wurde zur Untersuchung ein relativ kleines Netz (mittlerer Porendurchmesser 60 μ) benutzt. Die gefundenen Data genügen, um eine recht weitgehende Übereinstimmung mit den Resultaten Burckhardts, die in den »Quantitativen Studien über das Zooplancton des Vierwaldstättersees« niedergelegt sind, nachzuweisen.

Das Zooplancton des Zugersees setzt sich zusammen aus:

Copepoden:

Diaptomus laciniatus Lilljeb.
Diaptomus gracilis Sars.
Cyclops strenuus Fischer.
Cyclops leuckarti Claus.

Cladoceren:

Daphnia hyalina Leydig,
Bosmina coregoni Baird,
Diaphanosoma brachyurum Liev.,
Leptodora hyalina Lilljeb.,
Bythothrephes longimanus Leydig
(*Scapholeberis mucronata* O. F. Müll.).

Rotatorien:

Asplanchna priodonta Gosse,
Polyarthra platyptera Ehrbg.,
Triarthra longiseta Ehrbg.,
Anapus testudo Lauterb.,
Hudsonella pygmaea Calman,
Ploesoma truncatum Lev.,
Mastigocerca capucina Wierz.,
Anuraea cochlearis Gosse,
Notholca longispina Kellic.,
Conochilus unicornis Rouss.,
Floscularia mutabilis Bolt.,
Synchaeta pectinata Ehrbg.

Copepoden.

Die Periodicität von *Diaptomus laciniatus* und *gracilis* ist dieselbe wie im Vierwaldstättersee. Das Maximum der geschlechtsreifen Tiere fiel in die winterlichen Monate Dezember bis April. In dieser Zeit waren 50—80% der gefangenen Weibchen eiertragend. Männchen wie Weibchen gingen dann stark zurück.

In Übereinstimmung damit sind zu dieser Zeit wenig junge Diaptomusstadien zu finden. Mitte Dezember betrug die Nauplienzahl über 400. Im Februar schnellt die Zahl über 1600 hoch. Es hat also die Entwicklung eingesetzt. Mit dem Nachlassen der Geschlechtsperiode sinkt auch die Nauplienzahl, teils durch Weiterentwicklung zu junger *Diaptomus*- und *Cyclops*-Stadien, teils durch Dezimation, die durch Nachschuß nicht wieder ausgeglichen wird. Die Entwicklung vollzog sich weiter in den natürlichen Bahnen. Die Zahl der Nauplien geht zurück und wir finden entsprechend mehr junge Vertreter von *Diaptomus*, so daß am Ende der Untersuchung, im September 1912, fast nur Exemplare zur Beobachtung kamen, die die Speciesausbildung erkennen ließen und der Geschlechtsreife nahe standen. Ebenso habe ich wie Burckhardt bis in die Sommermonate Juni—Juli Weibchen mit Eipäckchen konstatieren können, aber nie Männchen mit Spermatophoren.

Die Geschlechtsperioden von *Cyclops strenuus* fiel in die gleiche Zeit wie von *Diaptomus gracilis*. *Cyclops leuckarti* hat wie in den übrigen Seen die Geschlechtsperiode im Sommer. Die ersten geschlechtsreifen, eitragenden Weibchen fing ich Ende Mai und konnte sie konstatieren bis September.

Wenden wir uns zur Verticalverteilung, insbesondere zur Frage der nächtlichen Wanderung. In den Tabellen S. 665 geben die Zahlen des Zentrifugenplanctons den Inhalt von 30 ccm, die des Zooplanctons den durch das Netz geschlagenen Inhalt von 20 Litern wieder. Trotz der relativ kleinen Wassermenge von 20 Litern stimmen beide überein und stehen im Einklang mit den Resultaten BURCKHARDTS. Wir finden die Nauplien und die *Cyclops*- und *Diaptomus*-Stadien über die ganze Zone von 0—70 m verteilt und müssen die untere Grenze um etwa 15—20 m tiefer legen.

Über die reifen *Diaptomus*-Stadien lassen sich bei der Kleinheit der Zahlen keine genauen Angaben machen, doch zeigen die Stichproben Übereinstimmung mit den Angaben BURCKHARDTS, welcher für die Hauptmasse der *Diaptomus gracilis* ♂ und ♀ bei mittlerer Transparenz 20—30 *m* angibt. Für das Maximum von jungen *Diaptomus*-stadien geben die Stichproben eine Tiefe von etwa 20—30 m, für die *Cyclops* etwas höher, etwa 10—20 m, an. Bemerkenswert ist, daß die jüngsten Exemplare von *Cyclops* sich in den oberen Schichten aufhielten, gewissermaßen die Vorläufer zur Hauptmasse bildeten. Ihre negative Phototaxis ist noch wenig ausgebildet und sie erinnern darin an das verlassene Nauplienstadium.

Diese Verteilung der Nauplien, der jungen *Cyclops*- und *Diaptomus*-Stadien macht es unwahrscheinlich, daß sie auf bestimmte Nahrung angewiesen sind. Sie bevölkern die Zonen der Flagellaten, die bis etwa 40 m geht, und reichen hinab bis an die unterste Grenze, wo Material mittels Zentrifuge nachgewiesen werden konnte.

Die letzten Vertreter vom Nannoplancton sind Cyclotellen, meist mit schon gelöstem Plasma, *Gomphosphaeria lacustris* und *Chroococcus*, der sich hier in seiner Minimumperiode befindet, sonst aber wohl nachzuweisen ist (siehe Fang 30. August, S. 666). Die Copepoden können also nicht wählerisch in der Nahrung sein; entweder sind sie Detritusfresser, wie BURCKHARDT und DIEFFENBACH auch annehmen, oder wir müssen sie in gewissem Sinne als omnivor ansprechen. Deshalb können wir nicht Abhängigkeit dieser Formen vom Nannoplancton erwarten. Das Alter der Copepoden setzt BURCKHARDT über ein Jahr an. Auch dies spricht gegen eine Bevorzugung bestimmter Nahrung durch diese Formen. Die Sexualperiode dieser Tiere fällt mit der stärksten Entwicklung der Chrysomonaden zusammen. Doch macht es das eben Gesagte unstatthaft, irgend eine Beziehung zwischen beiden Erscheinungen herauslesen zu wollen.

Wie verhält es sich mit dem nächtlichen Andrang? Die Tabelle

30 ccm	0 m		2 m		5 m		10 m		20 m		0 m		2 m		5 m		10 m		20 m		20 Liter
	N	T	N	T	N	T	N	T	N	T	N	T	N	T	N	T	N	T	N	T	
Cyclotellen	1400	2000	1500	2200	1600	2450	430	1700	?	245	2	—	16	—	11	2	25	1	3	1	*Daphnia hyalina*
Synedra del.	30	360	?	?	90	600	40	170	—	10	—	—	—	—	2	—	4	—	6	—	*Bosmina coreg.*
Chrooc. lim.	200	200	200	160	220	120	50	150	—	10	1	—	5	—	4	—	2	—	2	—	*Diapt. lac.* ♀ u. ♂
Gomph. lac.	40	30	40	30	40	20	10	50	—	—	7	—	11	—	9	—	9	—	2	10	*Diapt.grac.* ♀ u. ♂
Sphaer. Schr.	5	—	5	—	5	40	10	80	—	—	—	—	3	—	2	—	—	—	—	—	*Cyclops strenuus.*
Chromul. ov.	300	—	300	etwa 50	280	100	130	200	?	260	8	—	5	—	2	—	1	9	1	—	» *leuck.*
Cryptom. ov.	60	100	?	?	5	5	—	5	—	5	35	—	78	—	91	1	152	12	24	99	jg. *Diaptomi*
Mallomonas	40	20	?	?	10	20	20	20	—	—	60	—	52	—	23	9	75	39	8	12	jg. *Cyclops*
Helcomastix	90	30	?	?	60	—	5	—	—	—	8	—	10	8	9	3	5	2	1	5	*Nauplien*
	2165	2740	2045	2440	2305	3355	695	2375	?	530	121	—	180	8	153	15	273	63	47	127	

N = Nachtfang 4. Juli 11—½1 Uhr nachts.
T = Tagfang etwa 11—12 Stunden später. Beim Centrifugenplancton N. T. ist der Fang aus 2 m Tiefe interpoliert.

vom 4. Juli 1912, S. 670 gibt die Verhältnisse wieder. Wir sehen die oberflächlichen Schichten, die tagsüber leer oder fast leer an Vertretern von *Diaptomus* und *Cyclops* sind, nachts sich bevölkern. Bei den Nauplien ist die Verticalverschiebung gering, dagegen lassen sich die reifen Stadien von *Diaptomus* und *Cyclops leuckarti* nachweisen, die wir am Tage in den oberen Schichten vermissen. Findet sich nun eine analoge Ansammlung von Zentrifugenplancton? Nein. Die Tabelle zeigt nur die negative phototaktische *Chromulina ovalis* an der Oberfläche. Diese Form ist etwa 2 bis 4 m heraufgewandert. Dies kann unmöglich den Ausschlag für die Copepodenwanderung geben, deren Distanz nach Burckhardt bis 50 m (im Winter bis 100 m) und nach eignen Angaben mindestens 20 m ausmacht. Der Nachtfang vom 3. und 4. Juni (Tabelle S. 671) zeigt das Nannoplancton beinahe in geringerer Zahl als wie der Tagfang und doch ist hier der Andrang der Copepoden deutlicher ausgeprägt als wie in obiger Tabelle.

Die von Dieffenbach auch für Seen fest ausgesprochene Überzeugung, es möchte sich der Andrang der

30 ccm	0 m		5 m		10 m		20 m		30 m		0 m		2 m		5 m		10 m		20 m		30 m		20 Liter
	N	T	N	T	N	T	N	T	N	T	N	T	N	T	N	T	N	T	N	T	N	T	
		85%	92%	97%	94%	95%		80%		95%													
Cyclotellen	1800	6300	1300	4150	1500	9350		4650		2200	44	—	?	—	114		8	19		21		10	*Daph. hyal.*
Synedra del.	65	450	50	90	20	90		65		5	—	—	?	—	8		69	5		18		10	*Bosmina cor.*
Asterion. gr.	—	85	70	80	30	170		80		50	—	—	?	—	1		—	—		—		—	*Diapt. lac.* ♂
Fragill. crot.	—	—	—	10	—	—		20		65	22	—	?	—	—		1	—		—		1	» *grac.* ♂
Chrooc. lim.	20	40	—	60	40	10	fehlt	10	fehlt	—	16	—	?	—	1	verloren	3	—	fehlt	1	fehlt	—	» » ♀
Binuel. tart.	30	130	20	60	40	60		50		5	2	1[1]	?	—	1 ♀		—	—		—		—	*Cyclops stren.*
Sphaer. Schr.	—	—	—	10	—	40		30		40	37	—	?	—	11		1	2		8		2	» *leuck.*
Chrom. ov.	20	40	200	300	150	360		160		200	109	—	?	—	66		96	23		51		24	junge *Diapt.*
Mallomonas	10	40	—	40	—	10		—		—	41	—	?	—	38		24	10		17		3	» *Cyclops*
Helcomastix	120	—	15	5	5	20		5		—	2	—	?	5	119		50	4		60		30	*Nauplien*
Cosmar. scen.	—	90	—	10	—	40		—		—													
	2065	7175	1655	4815	1785	10150	?	5070	?	2565	273	1	?	5	359	? etwa 30—40	252	64	?	176	?	80	

[1] dicht mit Vorticellen besetzt, wohl absterbend.

T = Tagfang 3. Juni etwa 9—12 Uhr. N = Nachtfang 4. Juni 11—$^1/_2$ Uhr, 36 Stunden später.

Die Differenzen von *Cyclotella* erklären sich daraus, daß ein Absterben stattgefunden hat, und die leeren Exemplare abgesunken sind. Die hohen % Zahlen an leeren Schalen zeigen das an.

Copepoden auf Ansammlung von Zentrifugenplancton an der Oberfläche zurückführen lassen, kann ich nicht bestätigen. Diese Ansicht mußte sich aufdrängen unter dem Drucke seiner Beobachtungen über die Abhängigkeit der Rotatorien vom Nannoplancton. Doch ist zu bedenken, daß wir ohne weiteres von Kleingewässern nicht auf das Verhalten in tiefen, klaren Seen rückschließen dürfen, beide zeigen eine zu verschiedene biologische Ausgestaltung. Dieffenbach schreibt S. 36 seiner »Biologische Untersuchungen an Rädertieren in Teichgewässern«: ». . . Für dieses verschiedene Verhalten (nämlich der verschieden starke Andrang) läßt sich leicht unter Berücksichtigung der Nahrung eine Erklärung finden. Es ist höchstwahrscheinlich der Fall, daß bestimmte Planctozoen auf ganz bestimmte Nahrungsorganismen angewiesen sind, oder daß sie wenigstens einige Nahrungsorganismen andern vorziehen.« An andrer Stelle steht der Satz: ». . ., daß sich die Copepoden nicht, wie oft irrtümlich angenommen wird, von Planctonorganismen, sondern vielmehr von Detritus ernähren«. Sind diese Formen Detritusfresser, so können sie nicht vom Zentrifugenplancton abhängen. Und doch zeigen sie gerade die stärkste aktive Wanderung, wie aus Burckhardts und eignen Angaben hervorgeht. Wir sind gezwungen, die Wanderungen der Copepoden auf andre Ursachen zurückzuführen, auf Phototaxis oder Gasverhältnisse.

Wir sahen, daß das nächtliche Nannoplancton quantitativ nicht verschieden ist von dem tagsüber in den oberflächlichen Schichten vorhandenen, wenigstens nicht so, um derartige Wanderungen auszulösen. Es wäre die Deutung zulässig, daß die Copepoden am Tage nicht genügend Nahrung in der Tiefe fänden, in die sie die negative Phototaxis hinabgedrängt hat. Dieser Nahrungsmangel könnte wohl ein Aufsteigen veranlassen, aber nicht die strenge Konzentration erklären.

Müssen wir aber die Nahrungsverhältnisse zur Erklärung der Verticalwanderung heranziehen? Genügt nicht schon die Reaktion auf die Intensität des eindringenden Lichtes allein?

Im Hinblick auf die Ruttnerschen Beobachtungen, welcher im Lunzersee Planctonwanderung unter der Eisdecke beobachtete, die nach dem Grade der Schneebedeckung verschieden ausfielen, möchte ich mich letzterer Auffassung anschließen.

Die Wanderung ist nach Species und Stadium mehr oder weniger ausgeprägt. Bei den Nauplien finden wir fast keine Verticalverschiebung von Tag zu Nacht. Wir können die jüngsten *Cyclops* stets in den

oberflächlichen Schichten als Vorläufer zur Hauptmasse konstatieren, ähnliches gilt für *Daphnia hyalina*. Mit zunehmender Ausbildung verschärft sich auch die Reaktion auf Veränderung der Lichtintensität. Ist die Phototaxis noch nicht zur vollen Ausbildung gelangt, so werden wir diese Formen über das ganze Wohngebiet verteilt finden, unter Ausbildung eines Maximums, wie es bei den Nauplien der Fall ist.

Die winterlichen Verhältnisse können nur gestreift werden. Im Winter wurde für große Tiefen der Wasserschöpfer benutzt. Es konnte leider die Verticalverteilung des Zooplanctons nicht untersucht werden, da das Arbeiten mit einer Schlauchlänge über 100 m für eine einzelne Person und ein einfaches Boot fast ein Ding der Unmöglichkeit ist. Es sei hier erlaubt, die BURCKHARDTschen Beobachtungen über die winterliche Verticalverteilung in ihrer Gesamtheit auf den Zugersee zu übertragen, was anbetracht der großen Übereinstimmung beider Seen, des Zuger- und des Vierwaldstättersees, bezüglich saisonellen Auftretens und der sommerlichen Verticalverteilung bei Crustern und Rotatorien sowie bei der Gleichheit der physikalischen Bedingungen nicht unberechtigt ist.

BURCKHARDT schreibt: »Folgendes Resultat ist aber über allen Zweifel erhaben.«

Plancton[1] von 100 m bis 200 m, Juli bis September 0 oder höchstens 0,2%; Januar bis März 10—20% des Totalquantums.

Der Nachweis des sommerlichen und herbstlichen Nannoplanctons hörte bei 50—70 m auf, die untere Grenze dürfen wir in Anbetracht der kleinen verarbeiteten Wassermenge in eine Tiefe von 80—90 *m* legen. Dies ist auch die sommerliche Tiefengrenze für das Zooplancton im Zuger- und Vierwaldstättersee. Die winterliche Grenze des Zooplanctons liegt nach BURCKHARDT bedeutend tiefer, sie geht bis zum Grunde, bis etwa 200 m.

Gleichermaßen verhielt sich auch das Nannoplancton im Zugersee. Die angeführten Zahlen geben das Nannoplancton in der Schicht von 100—180 m an.

(Juli bis November etwa 0% oder etwas mehr.)

22. Februar 1912.	6. bis 8. März.	2. bis 3. April.
8%	12%	11,5%

des Totalquantums unter Ausscheidung leerer Cyclotellenschalen.

Diese Zahlen stimmen recht gut mit denen BURCKHARDTS überein, so daß wir zum Schlusse berechtigt sind, daß das Auftreten des Zoo-

[1] Zooplancton.

planctons und der Verlauf der unteren Grenze an die Verbreitung geformter Nahrung gebunden ist.

Es macht sich nun nach BURCKHARDT eine gewisse zeitliche Differenz geltend; die Copepoden dringen Ende November in Tiefen unter 100 m ein, eher als die Convectionsströmungen Nahrungsmaterial dahintragen. Dieser Widerspruch klärt sich. Das Schließnetz BURCKHARDTs brachte zu jener Zeit »bedeutende Mengen bräunlich-grüner Algenmassen aus großen Tiefen herauf, die schon durch den Geruch als abgestorben zu erkennen waren. Diesen scheinen die Copepoden und in bescheidenerem Maße auch *Daphnia* und *Asplanchna* zu folgen und dann, so lange dank der thermischen Ausgleichung reiches Organismenleben auch in der Tiefe möglich ist, unten zu bleiben«. Dieser Umstand bestätigt obigen Satz, daß der Wohnbereich der Copepoden so weit geht, als geformte Nahrung vorhanden ist.

Cladoceren.

Daphnia hyalina.

Die Netzfänge ergaben kleine Zahlen, so daß die Zeit des Maximums nicht sicher angegeben werden kann. In den Monaten Februar bis April ließ sich eine Minimumperiode nachweisen, ein gleiches Verhalten wie im Vierwaldstättersee. Auch wurde die Bildung von Ephippien beobachtet, im Gegensatz zu BURCKHARDT. Mitte April brachte das Netz zwei Ephippien zutage.

Die sommerliche Verticalverteilung stimmt ziemlich genau mit der im Vierwaldstättersee überein. Nur habe ich nicht eine so starke daphnidenleere Schicht beobachten können, wie sie in jenem See sich zeigte. Die jungen Exemplare von *Daphnia hyalina* fanden sich im Sommer tagsüber bei trübem Wetter in einer Tiefe von 5 m oder 2 m. Die Hauptmasse hielt sich in einer Schicht von 10—20 m auf; die untere Grenze ließ sich im Mai bei 40 m festlegen, im Juni und Juli wurden bei 50 m die letzten Exemplare gefangen. Diese Tiefengrenze steht im Einklang mit den Beobachtungen BURCKHARDTS, und wir dürfen wohl auch für den Zugersee die untere Grenze im Winter auf 100—140 m veranschlagen. Leider kann ich diese Annahme noch nicht durch eigne Beobachtungen sicher stellen, jedenfalls beansprucht sie eine große Wahrscheinlichkeit.

Der nächtliche Andrang ist ein bedeutender. Wir finden die Hauptmasse der Daphniden in der obersten 10 m-Schicht versammelt (Tab. vom 3. u. 4. Juni, S. 671), was gut übereinstimmt mit den Verhältnissen im Vierwaldstättersee. WOLTERECK unterscheidet drei

Phasen der Nachtwanderung: 1) Ein Aufwärtssteigen, sobald der die Bewegung »horizontalisierende« Reiz des Lichtes aufhört. 2) Empfangen des Berührungsreizes an der Oberfläche, welcher die aufwärtsschwimmenden Tiere zu horizontal oder abwärts gerichteter Bewegung zwingt. 3) Tagsüber verhindert der Lichteinfall von oben ein Aufsteigen dadurch, daß die Schwimmbahnen, sobald die Tiere eine gewisse Dämmerungszone überschreiten, horizontal abgelenkt werden. Die Schicht liegt für unsern See im Sommer in einer Tiefe von 10—20 m.

Hat *Daphnia hyalina* einen Berührungsreiz an der Oberfläche empfangen, so müssen wir annehmen, daß im See die Schwimmbahn weniger in der Horizontalen verläuft, vielmehr vorübergehend eine Ablenkung nach unten erfährt, um dann wieder aufwärts gerichtet zu werden. Im Zugersee, ebenso wie im Vierwaldstättersee, sind die so extrem ausgebildeten Formen, *Daphnia cucullata* und *Bosmina gibbera*, mit denen WOLTERECK experimentierte, nicht vertreten. Für *Bosmina coregoni* ist die Beeinflussung durch Berührungsreiz viel geringer anzuschlagen als wie für *Daphnia hyalina*, zeigt doch diese Form stärkeren Andrang an die Oberfläche als jene.

Verminderung erfährt der nächtliche Andrang von *Daphnia hyalina* durch starken Seegang. Hier ist es der Reiz der »Erschütterung der Oberflächenschicht durch das zurückfallende Wasser der Wellenkämme«, welcher die Ansammlung verhindert. »Schwächere Konzentration nach oben macht sich (nach BURCKHARDT) auch unter den winterlichsten Bedingungen geltend«. Hier ist es wohl der Ausdruck der durch die ungünstigen Verhältnisse, niedrige Temperatur, geringe Nahrungszufuhr herabgesetzten Lebenstätigkeit dieser Organismen, weniger die »abschreckenden Temperaturverhältnisse der Oberfläche.«

Wir könnten versucht sein, die winterliche Verteilung von *Daphnia hyalina* als eine von der niederen Temperatur bedingte anzusehen, insofern als das kalte Medium von etwa 4° die Intensität der Ruderbewegung herabsetzt und die Tiere sich schon deshalb gleichmäßiger im See verteilen müßten. Dagegen spricht, daß im Winter noch ausgiebige Wanderungen stattfinden und die Verbreitung sich, soviel wir bisher wissen, nicht bis zum Grunde erstreckt, was aus diesem Satze folgen würde.

Sicherlich ist es die durch die Convectionsströmungen bedingte Nahrungsverteilung, die den Cladoceren den Aufenthalt in den tiefen Schichten ermöglicht. Im Zugersee stehen hauptsächlich Cyclotellen als Nahrung zur Verfügung. Diese Kost wird im Herbst durch *Chroo-*

coccus, im Winter durch *Chromulina* etwas variiert. Es dürften die Cladoceren bezüglich Nahrungsqualität -und -quantität an engere Grenzen gebunden sein als die Copepoden, die nichts zu verschmähen scheinen, was einen Nährwert besitzt. Dies geht aus der winterlichen Verteilung beider Formengruppen hervor, auch aus der S. 674 angeführten Beobachtung BURCKHARDTS.

EINAR NAUMANN kommt in seinen Arbeiten über südschwedische Seen zu ähnlichen Resultaten. Nach den von ihm angestellten Darmuntersuchungen sind besonders *Heterocope*, *Diaptomus* ausgeprägte Diatomeenfresser; *Cyclotella* ist für Bosminen, Calaniden und *Holopedium* von großer Bedeutung, von geringer für *Hyalodaphnia* und *Diaphanosoma*. Daß die angeführten Formen außer *Cyclotella* noch andre Kleinalgen konsumieren, ist wohl selbstverständlich, nur daß eben bei Darmuntersuchungen der Nachweis von Diatomeen am leichtesten gelingt.

Für WOLTERECKS Auffassung der verschiedenen Körperfortsätze bei den pelagischen Cladoceren als Richtungsorgane spricht auch die Tatsache der nächtlichen Wanderung. Wären diese verschiedenartigen Körperfortsätze als Schweborgane aufzufassen, so ergibt sich eine Schwierigkeit. Die Hauptmasse der Daphniden und Bosminen hält sich tagsüber in den Schichten von etwa 20 m auf. Die Temperaturen dieses Horizontes bewegen sich im Sommer in der Höhe von 5—7°, während die Zone von 0—10 m Temperaturen von 13—20° und darüber aufzuweisen hat. Das wandernde Zooplancton kommt beim Auf- und Niedersteigen in verschieden erwärmte Schichten, deren Temperaturdifferenz bis 14° und mehr beträgt. Es wären also diese Organe — als Schwebfortsätze aufgefaßt — nur für die oberen Schichten nutzbringend, in der Tiefe erscheinen sie als nutzloser, überflüssiger Ballast. Der ökologische Wert der Richtungsorgane liegt nach WOLTERECK vorzugsweise darin, daß sie den Cladoceren ermöglichen, durch vorwiegend horizontale, bzw. flach geneigte Schwimmbahnen sich in ihrer (im Sommer) zonar begrenzten »Nahrungsschicht« zu halten. Ich möchte darauf hinweisen, daß die Verhältnisse in den relativ flachen baltischen Wasserbecken (etwa 40 m) anders liegen als in den tiefen Schweizer Seen. In diesen steht den pelagischen Cladoceren eine Schicht von mehr als 50 m zur Verfügung, die für diese Formen ausnutzbar ist. Daraus würde folgen, daß wir in tiefen Seen, wie Vierwaldstättersee, Zugersee, Formen mit wenig extrem ausgebildeten Richtungsorganen finden werden, was auch zutrifft. Hier liegt keine Notwendigkeit für derartig extreme Ausbildung der Richtungsorgane, wie

sie *Daphnia cucullata* zeigt, vor, da in diesen Becken die Bahnen ohne Gefahr steiler ausfallen können. Dies ist auch verständlich aus dem Grunde, daß die Überwindung einer Höhendifferenz von 20—30 m bei der Nachtwanderung in einer sehr flachen Bahn für eine Daphnide wohl sicher ein Ding der Unmöglichkeit ist. In flacheren Wasserbecken hingegen, wo die Beschränkung der Cladoceren auf die zonar begrenzte »Nahrungsschicht« zur Notwendigkeit wird, erscheinen aus diesem Grunde Formen mit extrem ausgebildeten Helmen, Spina, Mucro usw. begreiflich.

Endlich möchte ich bemerken, daß die Anwendung des Satzes von Merz und Behrens (Notiz: Int. Revue usw. Bd. III, S. 541) »Die planctonischen Crustaceen bevorzugen die Grenzen homogener Schichten« auf tiefe Seen unmöglich ist. Die Sprungschicht zeigt hier nicht den Einfluß, wie sie ihn in flachen Seen haben mag. In der einzigen angeführten Tabelle gehorchen nur die Nauplien dem angeführten Satze; das Maximum von *Daphnia* und *Bosmina* in 1,3 m Tiefe möchte ich als durch das Licht bedingt ansprechen.

Eine kurze Bemerkung über die Nauplien sei angeschlossen. Verschiedene Erklärungsmöglichkeiten für das Verhalten der Nauplien liegen vor. Entweder veranlassen die in der Sprungschicht vermutlich angehäuften Nahrungsstoffe, die durch die dort verstärkte Viscosität des Wassers festgehalten werden, die Nauplien zur Ansammlung, was Chemotaxis voraussetzen würde. Oder das Maximum ist durch den Temperaturwechsel hervorgerufen. Bei der Abwärtsbewegung gelangen die Nauplien plötzlich aus wärmeren Schichten in kühlere, deren Temperaturdifferenz für den Sacrower-See etwa 3° betrug. Als schlechte Schwimmer können sie infolge verstärkter Viscosität in diesem Niveau hängen bleiben; außerdem muß das kühlere Medium die Energie der Bewegung herabsetzen; dieser Faktor mag am meisten beitragen, ein Scheinmaximum vorzutäuschen. Dabei ist eine geringe negative Phototaxis, die auch wahrscheinlich ist, Voraussetzung.

Bosmina coregoni. (Nach Burckhardt eine Lokalvarietät.)

Die Netzzüge ließen eine Periode der maximalen Entwicklung, die im Anfang März 1912 einsetzte und im Juli ihr Ende erreichte, erkennen. Burckhardt konnte während dieser Zeit, in den Monaten März bis April eine Minimumperiode beobachten, welche sich in die Zeit der stärksten Entwicklung einschaltete. Im Zugersee war dieser Rückgang nicht ausgeprägt, er deutete sich nur durch eine Abnahme an. Der erste Anstieg von *Bosmina* fällt noch in die Maximumsperiode

von *Chromulina ovalis*; ist aber schwerlich damit in Verbindung zu bringen, denn *Bosmina* überdauert deren gewaltigen Sturz. Außerdem spricht die verticale Verteilung dieser Cladocere stark dagegen. Die Hauptmasse (Tab. 30. Mai, S. 665) von *Bosmina* liegt wie im Vierwaldstättersee zwischen 20 und 30 m, in einer Zone, wo die Cyclotellen das Übergewicht haben. Die Tiefengrenze lag etwas unter 70 m. Im allgemeinen scheint sich *Bosmina* vor dem Lichte in größere Tiefen zurückzuziehen als *Daphnia hyalina*. Im Stufenfange von 10 m waren bei dunstigem oder trübem Wetter die ersten Exemplare anzutreffen. Der nächtliche Andrang ist weniger intensiv als wie bei der Verwandten. Es zeigte sich die Hauptmasse nachts bei ungefähr 5—15 m, wie ein Blick auf die Tabelle S. 670 lehrt, deshalb möchte ich, wie schon kurz erwähnt, den Einfluß des Berührungsreizes bei den Bosminen ausschalten.

Die Bedingungen für die Entwicklung von *Daphnia* und *Bosmina* scheinen ziemlich komplexer Natur zu sein. Jedenfalls kann ich mich nicht entschließen, sie allein vom Zentrifugenplancton abhängig zu machen. In der Wucherung von *Chromulina ovalis* oder der Cyclotellen, die doch die ausschlaggebenden Komponenten im Zugersee sind, habe ich nicht parallellaufende Züge feststellen können, die dazu berechtigen, die Entwicklung dieser Formen von der des Nannoplanctons allein abhängig zu machen. Die physikalischen Faktoren scheinen bedeutenden Einfluß zu besitzen. Die große Übereinstimmung in der Periodizität der Copepoden, Cladoceren und auch der Rotatorien im Vierwaldstättersee (Burckhardt 1897/98) und Zugersee (1912) machen es plausibel, daß hier Verhältnisse vorliegen, die teilweise in der Eigenart der Seen begründet sind. Der Character der beiden Seen, unter Ausschluß des Urner und Alpnacher Beckens des Vierwaldstättersees, weist verwandte Züge auf, ungefähr die gleiche Transparenz, die gleichen Erscheinungen, die die winterliche Abkühlung mit sich bringt; es erklärt sich die große Konvergenz im Auftreten. Wie weit dies auch für das Nannoplancton gilt, war nicht festzustellen.

Diaphanosoma brachyurum.

Auch hier kann ich auf die Übereinstimmung beider Seen bezüglich Temporal- und Verticalverteilung hinweisen. Zum ersten Male konnte *Diaphanosoma brachyurum* konstatiert werden am 24. Juli 1912. Sein Auftreten fällt 5—6 Tage nach dem ersten Erscheinen von *Chromulina verrucosa*. Das Wohngebiet beider ist ungefähr das gleiche, beide konnten nachgewiesen werden bis in eine Tiefe von 20 m; die Maxima fallen nicht aufeinander.

Das Maximum dieser Cladocere erleidet nur geringe Verschiebung gegen die Nacht. Es bewegte sich ungefähr um 5 m; am Tage war eine Bewegung von der Oberfläche weg zu konstatieren, so daß wir eine geringe negative Phototaxis annehmen müssen.

Die Rotatorien.

Genaue Angaben für saisonelle Entwicklung können nicht gemacht werden. Es wurde wohl durch verticale Netzzüge die Zeiten der Maxima und Minima festzustellen versucht, doch fielen die Resultate für genaue Untersuchung, insbesondere für quantitativ vergleichende Studien viel zu unzulänglich aus, als daß hier die Rede über Höhe und Zeitangabe der Maxima sein könnte. Das Netz ist für quantitative Rotatorienbestimmung ein unzureichendes Hilfsmittel, da es beim Gebrauch allzustark von Zufälligkeiten abhängt und Wechsel unterworfen ist. Es ist schon genügend über Filtrationscoefficient, über Änderung desselben durch verschiedenartig zusammengesetztes Plancton, Zuggeschwindigkeit, Aufquellen der Faser usw. in der Literatur bekannt, so daß jede Auseinandersetzung gespart werden kann.

Nur in groben Zügen sollen hier Angaben über saisonnelle Verteilung Aufnahme finden. Die maximale Entwicklung von *Anuraea cochlearis* scheint in den Herbst zu fallen. Die höchsten Zahlen beobachtete ich im Herbst 1911. Im Dezember setzte ein starkes Absterben ein und die Zahlen bis zum Mai zeigen eine deutliche Minimumperiode. Der Fang vom 21. Mai wies ein gemeinsames Ansteigen von *Polyarthra platyptera*, *Anuraea cochlearis* und *Notholca longispina* auf. Dies war die Zeit, da die sperrigen Diatomeen *Asterionella*, *Fragillaria* wucherten zugleich mit den Cyclotellen. Es liegt die Vermutung nahe, daraus eine Abhängigkeit von den Cyclotellen konstruieren zu wollen; doch das Anschwellen wird nur als scheinbares zu betrachten sein, da der Filtrationscoefficient durch die wuchernden Diatomeen beeinflußt wurde. Die Verticalverteilung der Rädertiere macht erstere Vermutung unwahrscheinlich. Gegen den Herbst hin, im September 1912, zeigte *Anuraea cochlearis* wieder höhere Zahlen. Diese Entwicklung steht im allgemeinen in Übereinstimmung mit den Burckhardtschen Resultaten.

Asplanchna priodonta.

verlegte die maximale Entwicklung in die Monate Dezember bis April und steht damit in Einklang mit den Resultaten aus dem Vierwaldstättersee. Die Maximumperiode fällt temporal zusammen mit der stärksten Entwicklung von *Chromulina ovalis*. In den Sommermonaten,

wo *Chromulina* stark zurückgegangen ist, zeigt *Asplanchna* die Minimumperiode.

Mastigocerca capucina ist nach den Netzfängen ein Sommerorganismus; er konnte konstatiert werden in den Monaten Juli und August.

Conochilus unicornis zeigte im September 1912 einen starken Anstieg gemeinsam mit *Anuraea cochlearis*; vorher war der Nachweis nicht gelungen. Beide Formen sollen bei Verticalverteilung noch weiter diskutiert werden.

Verticalverteilung der Rotatorien.

Dieffenbachs Arbeit bringt die Beziehungen der Rotatorien zum Zentrifugenplancton, dessen wichtigste Komponenten in Tümpeln Flagellaten sind, klar zum Ausdruck. Die jährlichen Maxima- und Minimaperioden, die verticale Verteilung fallen miteinander zusammen. Wo sich ein Plus oder Minus der Flagellaten findet, zeigt sich die analoge Erscheinung in der Verticalverteilung der Rotatorien.

Wie liegen die Verhältnisse bei klaren und tiefen Seen? Betrachten wir zuerst die sommerliche Verteilung.

Wir sehen *Polyarthra platyptera* (siehe auch folgende Tabelle 3. August 1912) angehäuft in einer Zone von 2—3 m. Die Schichten darüber und darunter enthalten weniger Exemplare. Die untere Grenze liegt für *Polyarthra* bei 30—35 m. Am 1. Juli fand sich ein Exemplar in 20 Liter bei 30 m.

Triarthra longiseta zeigt gleiches Verhalten im Zugersee wie im

22. Mai 12.

20 Liter	0 m	3 m	10 m	0 m	3 m	10 m	30 ccm
				20%	20%	30%	
Polyarthra pl.	4	237	82	6550	7650	7700	*Cyclotellen*
Anuraea cochl.	37	770	146	270	220	190	*Synedra del.*
Asplanchna pr.	4	13	25	20	5	60	*Fragillaria crot.*
Anapus test.	5	36	21	120	120	120	*Asterionella grac.*
Hudsonella p.	3	89	17	60	5	20	*Chroococ. lim. v. c.*
Notholca long.	27	110	155	50	20	60	*Gomphosph. lac.*
				220	160	170	*Binuclearia t.*
				30	30	80	*Sphaerocyst. Schr.*
				40	10	170	*Chromulina oval.*
				20	70	190	*Mallomonas*
				10	5	5	*Chlamydomonad.*
				—	5	10	*Cryptomonas ov.*
	80	1255	446	7390	8200	8775	

Die % bei den *Cyclotellen* bedeuten die leeren Schalen.

26. Juni 12. Regen, Himmel trüb.

20 Liter	0 m	2 m	5 m	10 m	20 m	0 m	5 m	10 m	20 m	30 ccm
Polyath. pl.	27	221	28	8	1	650	520	585	300	*Cyclotellen*
Triarthra l.	—	—	—	—	18	90	170	30	5	*Synedra del.*
Anur. cochl.	7	45	47	26	2	—	—	10	130	*Asterion. gr.*
Notholca lg.	5	5	32	67	7	20	60	90	5	*Chrooc. lim.*
Anapus test.	3	19	57	32	2	20	—	60	30	*Gomph. lac.*
						5	30	60	30	*Sphaer. Schr.*
						30	5	10	—	*Chromul. ov.*
						80	—	—	10	*Mallomonas*
						60	10	—	—	*Cryptom. ov.*
	42	290	164	133	39	955	795	845	510	

Fang aus 0 und 2 m 18. Juli — 19. Juli die übrigen. An beiden Tagen Regen und trüb.

20 Liter	0 m	2 m	5 m	10 m	20 m	30 m	0 m	2 m	5 m	10 m	20 m	30 m	30 cm
Polyath. pl.	26	41	61	18	—	1	520	1160	1940	2100	105	75	*Cyclotellen*
Triarthra	—	—	—	—	—	10	170	160	160	270	40	5	*Synedra del.*
Asplanchna	1	7	1	—	—	—	160	360	600	800	10	20	*Chrooc. lim.*
Anur. cochl.	11	20	10	14	—	—	10	30	20	120	5	vorh.	*Gomph. lac.*
Nothol. long.	2	1	—	8	1	2	50	65	110	200	40	10	*Sphaer. Schr.*
Floscul. mut.	6	7	4	—	—	—	5	—	—	5	5	5?	*Chrom. oval.*
Mastigoc cap.	—	4	5	—	—	—	40	5	90	20	10	—	*Mallomonas*
Synchaet pect.	1	3	2	—	—	—	170	—	20	—	—	5	*Cryptomonas*
							40	—	—	—	10	—	*Helcomastix*
	47	83	83	40	1	13	1165	1780	2940	3515	225	120	

Während der Filtration hing das Netz im Wasser.

Vierwaldstättersee. Erst bei 20 m fand sich das Maximum. Dieses Rädertier ist an die tieferen Schichten gebunden.

Anuraea cochlearis weist dasselbe Verhalten wie *Polyarthra* auf. Die Anhäufung zeigt sich in derselben Schicht. Auch die untere Grenze scheint in derselben Tiefe zu liegen.

Anders hingegen verhält sich *Notholca longispina*. Das relative Maximum fand sich stets bei 10 m. Das wahre scheint noch tiefer zu liegen. Der Fang vom 17. und 18. Juni z. B. ergab folgende Verteilung:

0 m : 1. — 5 m : 25. — 10 m : 60. — 20 m : 26.
30 m : 7. — 50 m : 5 in 20 Liter.

Auch andere Fänge ergaben die stärkste Entwicklung in genannter Schicht. Die untere Grenze liegt bedeutend tiefer als wie bei *Anuraea*

cochlearis. Lebende Exemplare habe ich noch bei 50 m gefangen. In einem konservierten Fange fand sich einmal eine *Notholca longispina* mit Ei bei 70 m; doch schien dies ein versprengtes Exemplar zu sein. Wir dürfen daher die untere Grenze auf etwa 50—60 m ansetzen, im Gegensatz zu Burckhardt, der diese für den Vierwaldstättersee mit 30 m angibt.

Für die übrigen Rotatorien können genaue Angaben nicht gemacht werden. Eine kurze Rekapitulation zeigt das Maximum von

Anuraea cochl. und *Polyarthra plat.* bei 2—3 m (eventuell auch *Hudsonella pygm.*),
Anapus testudo bei etwa 5—10 m,
Notholca longispina bei etwa 10 m.

Durchmustern wir die Tabellen vom 28. Mai und 26. Juni 1912 und auch die folgende vom 3. August, so findet sich keine analoge Anhäufung von Zentrifugenplancton. Aber ebensowenig finden wir das Optimum einer Komponente des Nannoplanctons, aus dem vielleicht die starke Zusammenscharung der Rotatorien sich rechtfertigen ließe.

Dies steht im Gegensatz zu den Beobachtungen Dieffenbachs, welcher feststellen konnte, daß die pelagischen Rädertiere sich hinsichtlich ihrer Verteilung genau so wie ihre Nahrungsorganismen, das Zentrifugenplancton, verhalten, daß also ihre Verteilung von der des Zentrifugenplanctons bedingt erscheint.

3. August 12.

20 Liter	0 m	1 m	2 m	5 m	0 m	1 m	2 m	5 m	10 ccm
Polyathr. plat.	12	30	117	30	200	500	400	330	*Cyclotellen*
Asplanchn. pr.	5	1	—	—	5	40	15	15	*Synedra del.*
Synchaeta pect.	2	3	1	—	200	200	200	330	*Chrooc. lim.*
Anuraea cochl.	1	11	23	6	10	20	30	25	*Gomph. lac.*
Notholca long.	—	1	2	3	5	5	—	100	*Chrom. ovalis*
Mastigoc. cap.	2	2	14	9	280	100	100	100	» *verrucosa*
Ploesoma tr.	—	7	8	—					*Cryptom. ovat.* u.
					140	—	20	5	*var. curv.*
					30	—	5	5	*Heleomastix ov.*
	22	55	165	48	870	865	770	910	
		ohne *Cyclotellen*			670	365	370	580	

Wir finden an Zentrifugenplancton besonders die Flagellaten an der Oberfläche stark vertreten, die für die Rotatorien doch das gün-

stigste Nahrungsmaterial darstellen. Die Cyclotellen zeigen sich bei 1 m am dichtesten.

Aber ganz unbekümmert darum sammeln sich die Rotatorien in ihrer optimalen Zone von 2 m an. *Polyarthra platyptera*, *Anuraea cochlearis*, *Mastigocerca capucina* und auch *Ploesoma truncatum* zeigen sich am dichtesten in der Zone, wo gerade am wenigsten Nannoplancton vorhanden ist, besonders wenn wir die Cyclotellen ausschließen. Nur *Asplanchna priodonta* zeigt andres Verhalten, wenn man mit diesen kleinen Zahlen rechnen will. Sie weist auch in ihrem saisonellen Verhalten Besonderheiten auf, indem sie ihr Maximum mit dem von *Chromulina ovalis* in die Wintermonate verlegt.

Ähnliche Verhältnisse zeigte der 29. August 1912, neblig.

10 ccm	0 m	2 m	5 m	0 m	2 m	5 m	20 Liter
Cyclotellen	350	470	300	250	400	90	*Anuraea cochl.*
Chroococ. lim.	130	100	150	17	3	8	*Notholca longisp.*
Gomphosph. lac.	30	50	50	41	37	18	*Polyarthra plat.*
Chrom. ovalis	65	5	5	11	12	4	*Mastigoc. capuc.*
» *verruc.*	40	5	30	4	4	3	*Ploesoma trunc.*
Mallomonas	5	—	20	6	6	10	*Anapus test.*
Cryptomonas	40	—	—	5	7	3	*Floscularia mut.*
				7	4	1	*Synchaeta pect.*
	660	610	555	341	473	137	

Ziehen wir noch die herbstliche Verteilung zu Rate.

19. Okt. 11. Herbstnebel.

10 ccm	2 m	5 m	10 m	20 m	30 m	45 m	2 m	5 m	10 m	20 m	30 m	45 m	20 Liter
Cyclotellen	2900	3400	2800	2060	2900	600	240	120	360	120	60	?	*Anur. cochl.*
Chrooc. lim.	100	100	150	580	150	50	—	—	60	—	—	—	*Polyarth. pl.*
Gomphosph.	30	10	10	70	5	—	40	50	10	—	—	—	*Anapus test.*
Chrom. ov.	30	90	140	100	30	30							
Chlamydom.	20	20	20	20	20	20							
Helcomastix	40	45	60	20	45	5							
Binuclearia	—	—	—	140	—	—							
	3120	3665	3180	2990	3150	705	280	170	430	120	60	?	

Im Herbste 1911 dominierte *Anuraea cochlearis*, die übrigen Rädertiere sind zumeist schon in ihrer Minimumperiode oder ihr nahe.

7. Nov. 11. sonnig.

10 ccm	2 m	5 m	10 m	20 m	30 m	2 m	5 m	10 m	20 m	30 m	20 Liter
Cyclotellen	1900	2500	2150	1350	540	200	200	140	160	—	*Anur. cochl.*
Chrooc. lim.	60	70	100	200	400	60	100	40	—	—	*Polyarth. pl.*
Gomph. lac.	180	40	70	100	40	100	60	100	—	—	*Anapus test.*
Chrom. ov.	200	150	150	5	5						
Helcomastix	20	20	140	20	10						
Cryptom. ov.	30	—	80	—	10						
Binucl. tatr.	—	—	—	150	—						
Chlamydom.	10	70	100	—	—						
						360	360	280	160	—	

Wir sehen die optimale Schicht tiefer liegen als im Sommer 1912. Mit der Abkühlung des Wassers steigert sich auch die Transparenz. Das Tiefersinken der maximalen Zone finden wir auch im Herbst 1912 angedeutet. Der Fang vom 16. und 17. September 1912 zeigt dies. An beiden Tagen herrschte gleiches Wetter.

16. u. 17. Sept. 12. weiße Wolken, fahle Sonne.
Fang 0—5 m 16. Sept., 17. Sept. die übrigen.

10 ccm	0 m	5 m	10 m	20 m	30 m	0 m	2 m	5 m	10 m	20 m	30 m	20 Liter
Cyclotellen	300	500	230	210	35	42	65	271	55	8	1	*Anur. cochl.*
Chroococcus	140	140	160	240	30	10	14	30	3	10	3	*Notholca lo.*
Gomphosph.	95	50	90	80	10	22	95	132	30	1	—	*Polyarth. pl.*
Chrom. ov.	20	—	5	5	5	—	—	—	—	2	2	*Triarthra. l.*
» *verr.*	—	—	60	—	—	9	6	13	3	—	—	*Synch. pect.*
Cryptomonas	20	—	20	—	—	6	6	10	1	—	—	*Floscul. mut.*
Helcomastix	30	—	—	—	—	16	6	32	25	—	1	*Conochil. un.*
Mallomonas	25	20	10	5	10	20	50	101	7	1	—	*Anapus test.*
						12	28	29	1	—	—	*Ploesoma tr.*
						2	10	9	5	2	1	*Mastig. cap.*
	630	710	575	540	90	139	280	527	130	24	8	

Daraus drängt sich der Schluß auf, daß bei den Rotatorien in tiefen, klaren Seen die Einstellung in einen bestimmten Horizont, dessen Tiefenlage von der Lichtintensität abhängt und bei den verschiedenen Species specifischen Charakter trägt, die beherrschende und wichtigste Eigenschaft ist.

In zweiter Linie wird die Verteilung der Rädertiere von der Schichtung des Nahrungsmateriales bestimmt.

Gleiche Beobachtungen über das Tieferlegen der optimalen Zone bei den Rotatorien gegen den Winter zu hat auch BURCKHARDT im Vierwaldstättersee gemacht. Nur legt BURCKHARDT das Verhalten von *Asplanchna* und *Polyarthra* verschieden aus. Er schreibt: » . . . doch ergeben alle Beobachtungen recht übereinstimmend, daß wenigstens die oberen 5 Meter etwas ärmer an Polyarthren sind, als die Schicht unter 10 m Tiefe. Wir können daraus schließen, daß sich *Polyarthra* doch etwas vor den niederen winterlichen Oberflächentemperaturen zurückzieht.« Von *Asplanchna* behauptet der Forscher, daß die täglichen Lichtschwankungen keinen merklichen Einfluß haben, wohl aber die saisonellen, im Wechsel der Wassertransparenz bedingten! Das sind für das gleiche Verhalten, für das Tiefersinken der winterlichen maximalen Zone der Rotatorien, zwei Erklärungen. Im Verein mit eignen Beobachtungen möchte ich mich für die letztere entscheiden.

Ist das Gesagte zutreffend, so muß die Schichtung bei Nacht aufgehoben werden und wir dürfen Anstreben gleichmäßiger Verteilung voraussagen.

4. Juli etwa 11—1/21 Nachtfang N, 5. Juli etwa 11—12 Stunden später T.
Das zugehörige Zentrifugenplancton S. 670.

	0 m		2 m		5 m		10 m		20 m		Summe	
	N	T	N	T	N	T	N	T	N	T	N	T
Triarthra l.	—	—	—	—	—	—	—	—	24	22	24	22
Polyarthra pl.	30	—	22	99	41	6	40	29	—	3	133	137
Anur. cochl.	15	—	18	68	31	7	35	25	1	2	100	102
Notholca l.	10	2	7	4	7	1	31	75	23	2	78	84
Anapus test.	14	1	6	5	28	1	11	38	1	—	60	45
Mastigoc. cap.	1	—	3	2	3	—	2	1	—	—	9	3
	70	3	56	178	110	15	119	168	49	29	404	393

Wir finden obiges bestätigt. Die maximale Anhäufung von *Polyarthra* und *Anuraea* bei 2 m hat einer mehr gleichmäßigen Verteilung Platz gemacht. Nur *Triarthra* scheint unberührt geblieben zu sein. Wollen wir diese Verschiebung als eine von der wechselnden Nahrungsverteilung abhängige deuten, so käme als phototaktischer Flagellat nur *Chromulina ovalis* in Betracht. Doch dessen Verticalverteilung läßt sich mit der der Rotatorien nicht in Parallele setzen. Eine analoge Ansammlung bei 2 m habe ich bei den zahlreichen Fängen nicht beobachten können. Der Fang vom 5. und 6. September 1912 (S. 687) zeigt vielleicht noch besser, daß wir eine Abhängigkeit von *Chromulina*

ovalis nicht annehmen dürfen. Auch hier muß dem Lichte die Rolle eines die Verteilung regelnden Faktors zugeschrieben werden. Merkwürdig ist die Beobachtung RUTTNERS am Lunzersee »daß *Polyarthra* und *Notholca* infolge ihres negativen Heliotropismus wohl tagsüber von der Oberfläche ferngehalten werden, ohne jedoch des Nachts wieder emporzusteigen.« Die Nachtfänge an der Oberfläche des Zugersees ergaben für die Rotatorien ein deutliches Plus gegenüber den Tagfängen. Scharen sich die Rotatorien tagsüber in einem bestimmten Horizonte zusammen, so weichen sie in der Nacht auseinander, was eine Vermehrung an der Oberfläche nach sich ziehen muß.

Die Tabelle S. 687 zeigt starken Anstieg von *Conochilus unicornis*, eines Rädertieres, das sonst fehlte, und von *Anuraea cochlearis*. Im Anschluß an diese starke Entwicklung sei noch ein Vergleich zwischen Rotatorien und Zentrifugenplancton wiedergegeben (Tab. S. 687). Die Zahlen stellen Mittelwerte dar, die durch Addition gewonnen sind aus drei Stufenfängen von 0 m, 2 m, 5 m, der Schicht also, die für das Rotatorienleben am wichtigsten ist. Gewaltigen Anstieg zeigt *Conochilus unicornis* im Verein mit *Anuraea cochlearis*, während das Nannoplancton nur geringen Schwankungen unterworfen ist. Aus den angeführten Zahlen des Nannoplanctons oder irgendeiner seiner Komponenten kann ich keine Ursache für diese Vermehrung des Rotatorienplanctons herauslesen. Gleiches gilt von den beiden angeführten Julifängen. Diese zeigen minimale Zahlen gegen die Ergebnisse vom August und September; das Nannoplancton schwankt nur in geringem Maße um einen gewissen Mittelwert.

Wir kommen zu dem Satze, daß in tiefen, klaren Seen der die Verticalverteilung regelnde Faktor das Licht ist und eine direkte, unmittelbare Abhängigkeit vom Nannoplancton nicht wahrscheinlich ist.

Es fanden sich *Polyarthra pl.* und *Anuraea cochl.* zwischen 2—3 m angehäuft, *Notholca longispina* wies ein Maximum bei 10 m auf, *Triarthra long.* zeigte im Zugersee die charakteristische Verteilung. Die Schicht der stärksten Entwicklung lag bei 20 m. Es ist kein so übereinstimmendes Verhalten, wie es DIEFFENBACH in den Lauerschen Teichen finden konnte.

Besteht eine Abhängigkeit der Rotatorien vom Nahrungsmaterial, so haben im Sommer die Cyclotellen die größte Wahrscheinlichkeit, als solches zu dienen, da sie quantitativ die andern Formen weit überflügeln. Im Winter ist es hingegen *Chromulina ovalis*, die den Haushalt des Sees beherrscht (siehe Tab. S. 644 u. 645). Trotz dieser neuen Nahrungsquelle haben wir eine Minimumperiode der Rotatorien außer

Nachtfang vom 5. Sept., Tagfang 6. Sept. etwa 12 Uhr mittags. Aufgegeben wegen einsetzendem Sturm.

10 ccm	0 m N	0 m T	2 m N	2 m T	5 m N	10 m T	0 m N	0 m T	2 m N	2 m T	5 m N	10 m T	20 Liter
Cyclotellen	830	500	900	500	800	600	87	43	74	80	42	40	*Polyarthra plat.*
Chroococcus lim.	260	200	260	100	100	170	500	104	275	340	200	253	*Anuraea cochlearis*
Gomphosph. lac.	10	40	40	20	60	10	40	15	26	24	16	19	*Notholca longispina*
Cryptomonas	30	100	—	—	10	20	460	60	107	36	85	87	*Conochilus unicornis*
Chromulina ov.	60	120	20	40	5	10	10	3	4	14	7	4	*Floscularia mutabilis*
» *verr.*	10	60	10	30	20	10	15	4	2	6	1	2	*Synchaeta pectinata*
Helcomastix	5	5	5	5	—	10	15	3	7	16	5	9	*Anapus testudo*
							1	5	4	8	—	—	*Ploesoma truncatum*
							23	3	12	10	6	13	*Mastigocerca capucina*
	1225	1025	1235	695	995	836	1151	240	511	634	362	427	

	Cyclotellen	*Chrooc. lim.*	*Gomph. lac.*	*Sphaer. Schr.*	*Chrom. ov. u. verr.*	*Cryptom. ov. u. v. curv.*	*Mallomonas*	*Helcomastix u. Chlamyd.*	*S. s.*	*S. s.*	*Anur. cochl.*	*Nothol. long.*	*Conochilus unicornis*	*Floscul. mut.*	*Synch. pect.*	*Mastig. cap.*	*Anapus test.*	*Ploesom. tr.*	*Polyarth. pl.*
29. Aug. 12	1150	380	100	110	140	40	30	20	1870	865	750	28	—	15	12	27	22	11	96
2. Sept. 12	650	700	100	70	180	180	20	100	2000										
Nacht 5. Sept. 12	800	720	120	20	130	30	—	20	1840	2023	975	81	652	21	18	41	27	5	203
Tag 6. Sept. 12[1]	600	500	90	20	300	100	30	20	1660—1800	1400—1500	800	60	200—300	30	16	25	35	13	180
16. Sept. 12	1200	420	170	60	70	30	60	40	2050	1880	400	55	55	22	28	21	170	80	250
5. Juli 12	1800	170	20	60	250	40	—	10	2350	197	75	7	—	2	4	2	7	—	105
18. Juli 12	1330	375	20	70	5	60	50	15	1925	328	40	3	—	17	5	4	132	—	127

[1] Fang aus 5 m Tiefe nur geschätzt; ev. zu niedrig eingeschätzt für die Rotatorien, da wir hier bereits einen Herbstfang vor uns haben, bei dem das Rotatorienmaximum tiefer liegt als im Sommer.

Asplanchna. Der Rückgang der Rädertiere müßte demgemäß auf die Verminderung der Cyclotellen oder auf die ungünstigen winterlichen Temperaturverhältnisse zurückgeführt werden. Die eignen Beobachtungen lassen keine direkte Abhängigkeit der Rotatorien von den Cyclotellen erkennen. Die Existenz einer solchen ist immerhin fraglich oder schwer nachweisbar. Die Rädertiere bewohnen im Zugersee eine Schicht von 0—50 m. Die Amplitude der Bewegung ist eine bedeutende. Zugleich kommt die Komplikation der Abhängigkeit vom Licht hinzu. Bei stärkster Zusammendrängung, die je beobachtet wurde, entfiel rechnerisch auf ein Rotator ein Raum von

	22. Mai 1912	5. September 1912 nachts
bei 3 m.	16 ccm	17 ccm
Zpl. im gleichen Raum	3300 Individuen	1530 Individuen.

Im allgemeinen schwankten die berechneten Räume zwischen 30 ccm bis 100 ccm, mit einem entsprechenden Mehrgehalt an Nannoplancton. Selbst wenn wir einen gewissen Verlust an Polyarthren und Anuraeen in Anschlag bringen, fallen die Werte wesentlich anders aus als wie in Teichen. Aus den Angaben Dieffenbachs wurden folgende Werte berechnet: Auf 1 Rotator entfielen ccm (Tab. 10, S. 30).

Schatten:	0 m : 11,5 ccm	1/2 m : 7 ccm	1 m : 13 ccm
Zpl.:	4670 Indiv.	3250 Indiv.	9300 Indiv.
Sonne:	0 m : 18 ccm	1/2 m : 6 ccm	1 m : 20 ccm
Zpl.	7500	6500	6900.

Einem Rotatorindividuum steht im Zugersee im allgemeinen ein größerer Wohnraum zur Verfügung als wie in Teichen, von den beiden stärksten, oben angeführten Anhäufungen abgesehen. Dies kann damit zusammenhängen, daß die Cyclotellen eine nicht so günstige Nahrung darstellen wie die Flagellaten in den Teichen. Wir dürfen Teich und See nicht ohne weiteres vergleichen. Wenn wir das Zentrifugenplancton, die Nahrungsquelle der Rotatorien auf seine Zusammensetzung hin prüfen, so finden wir, daß im Zugersee von 21 Komponenten sieben Flagellaten sind, wovon nur *Chromulina* und *Mallomonas* Bedeutung haben.

In den Lauerschen Teichen sind nach Dieffenbach hingegen von 20 Formen die Hälfte aktiv bewegliche Organismen, Flagellaten und Chlorophyceen. Auch tritt der saprophytische Charakter der Teichformen in den Vordergrund, es dominieren *Cryptomonas* und deren biologische Verwandte, deren Bedeutung im klaren und reinen Zugersee

gänzlich zurücktritt; sie sind in ihrem Auftreten an gedüngtes Wasser gebunden. Dabei fielen in unserem See die Schwärmsporen fast ganz weg, Chlamydomonaden spielen eine untergeordnete Rolle.

Im Zugersee scharen sich die Rotatorien in einem bestimmten Horizonte zusammen, dessen Tiefenlage von der Lichtintensität und von der Transparenz bedingt erscheint. Die Flagellaten zeigten gleichfalls phototaktische Bewegungen. Nur ließen sich im Zugersee die Ortsverschiebungen beider Gruppen nicht aufeinander zurückführen, die Amplituden der Wanderungen sind nicht die gleichen. In Tümpeln sind die Wohnverhältnisse enge und gedrängte. Der Kontakt zwischen den verschiedenen Formenkreisen ist ein inniger. Ist in den Seen genügend Bewegungsfreiheit vorhanden, so erscheint in den Kleingewässern alles zusammengedrängt. Die Transparenz kann bei weitem nicht die Rolle spielen wie in tiefen Seen. Es steht nichts dagegen, wenn die Tiefenlage des Rotatorienmaximums mit der des Flagellatenmaximums zusammenfällt, infolge der beschränkten Ausdehnungsmöglichkeit. Beide Gruppen zeigen Phototaxis, beide stellen sich in eine gewisse Tiefe ein, die für beide in Teichen die gleiche ist. Für den Zugersee müssen wir dann annehmen, daß genügend Nahrung vorhanden ist, um eine Zusammenhäufung in einem bestimmten Niveau zu ermöglichen, was im Anblick obiger Zahlen wahrscheinlich ist. Selbst wenn wir einen gewissen Verlust an Rotatorien beim Fang usw. in Anschlag bringen, so fallen die berechneten Räume bedeutend größer aus als in Teichen, ein Verhalten, das sich auf die Zusammensetzung der Nahrung zurückführen läßt.

Zusammenfassung.

Das Nanno- oder Zentrifugenplancton des Zugersees zeigte im Sommer und Herbst eine charakteristische Schichtung. Die untere Grenze liegt in dieser Jahreszeit bei rund 80 m. Die Vertreter des Nannoplanctons, die in dieser Tiefe sich noch finden, wurden gestellt von den Schizophyceen (*Chroococcus* und *Gomphosphaeria*) und den Diatomeen (Cyclotellen). Die Flagellaten (*Chromulina ovalis*) scheinen auf die oberen 40—50 m beschränkt zu sein. Sie zeigen aktive phototaktische Wanderungen. Gegen den Herbst hin prägen sich die optimalen Zonen der Komponenten des Nannoplanctons immer deutlicher aus (*Chroococcus*, *Gomphospaeria*, *Binuclearia*, Cyclotellen). Diese ist für jeden Vertreter specifisch und scheint bestimmt durch die jeweilige Transparenz und Lichtquantität. Die winterlichen Convectionsströmungen heben diese Schichtung auf und es tritt im See eine Ver-

teilung des Zentrifugenplanctons ein, die sich ohne ausgeprägtes Maximum von der Oberfläche bis zum Grunde erstreckt (0—200 m). Im Mai ist die sommerliche Tiefengrenze von rund 70—80 m wieder hergestellt.

Unter Berücksichtigung der Angaben Burckhardts können für das Zooplancton des Zugersees folgende Sätze aufgestellt werden. Die Verteilung der Copepoden, Cladoceren und Rotatorien ist an das Vorhandensein geformter Nahrung gebunden. Die Tiefengrenze der Copepoden erfährt in ihrem saisonellen Verlauf entsprechende Verlegung wie die der geformten Nahrung. Dieser Satz schließt die Annahme des Pütterschen Ernährungsmodus aus.

Der Lichtwechsel löst die täglichen Wanderungen der Copepoden, Cladoceren und Rotatorien aus, der Transparenzwechsel entsprechende Verschiebung der Tiefenlage des Rotatorienmaximums. Die maximale Anhäufung der Rotatorien in bestimmtem Horizonte scheint durch die Lichtintensität und Transparenz bedingt und nicht von der Nahrung bestimmt zu sein, ist außerdem ein specifischer für die verschiedenen Vertreter der pelagischen Rädertiere.

Leipzig, im Mai 1913.

Literatur.

A. Äppli, Beiträge zur geol. Karte der Schweiz. Lief. XXXIV. 1894.

C. Apstein, Vergleich der Planctonproduktion in verschiedenen holsteinischen Seen. Berichte der naturf. Gesellsch. zu Freiburg i. B. 1894.

— Das Süßwasserplancton 1896.

H. Bachmann, Die Planctonfänge mittels der Pumpe. Biol. Centralblatt. Bd. XX. 1900.

— Beitrag zur Kenntnis der Schwebeflora der Schweizer Seen. Biol. Centralbl. Bd. XXI. 1901.

— Das Phytoplancton des Süßwassers mit besonderer Berücksichtigung des Vierwaldstättersees. Mitt. der nat. Ges. Luzern. Hft. VI. 1911.

W. Bally, Der Obere Zürichsee. Beiträge zu einer Monographie. Inaug.-Diss. Zürich. Arch. f. Hydrobiologie u. Planctonkunde. Bd. III. 1907.

Brehm, Einige Beobachtungen über das Zentrifugenplancton. Internat. Rev. usw. Bd. III. 1910/11.

A. Brutschy, Monographische Studien am Zugersee. Arch. f. Hydrobiologie u. Planctonkunde. Bd. VIII. 1912.

G. Burckhardt, Faunistische und systematische Studien über das Zooplancton der größeren Seen der Schweiz und ihrer Grenzgebiete. Revue Suisse de Zool. T. VII. 1899.

— Quantitative Studien über Zooplancton des Vierwaldstättersees. Mitt. d. nat. Ges. Luzern 1910.

G. Burckhardt, Hypothesen und Beobachtungen über die Bedeutung der verticalen Planctonwanderung. Internat. Revue usw. Bd. III. 1910./11

H. Dieffenbach und R. Sachse, Biologische Untersuchungen an Rädertieren in Teichgewässern. Internat. Revue usw. 1912.

Engler und Prantl, Die natürlichen Pflanzenfamilien. Leipzig 1900.

B. Eifferth, Einfachste Lebensformen. Braunschweig 1909.

O. Frey, Talbildung und glaciale Ablagerungen zwischen Emme und Reuss. Neue Denkschrift der schweiz. nat. Ges. Bd. XLI. 1907.

Br. Hofer, Die Verbreitung der Tierwelt im Bodensee. Bodenforschungen. Lindau 1896.

Hudson und Gosse, The Rotifera. 2 Bde. u. Suppl. 1886—89.

R. Kolkwitz und M. Marsson, Grundzüge für die biologische Beurteilung des Wassers nach seiner Flora und Fauna. Mitt. der Königl. Prüfungsanstalt f. Wasserversorgung u. Abwässerbeseitigung 1902.

H. Krätzschmar, Über den Polymorphismus von Anurea cochlearis. Internat. Revue usw. 1908.

V. Langhans, Über das Zooplancton der südlichen Alpenseen und die Variation von Asplanchna priodonta Gosse. Sitzungsbericht d. deutschen naturw. med. Ver. für Böhmen »Lotos« in Prag. Bd. XXV. 1905.

— Planctonprobleme. Lotos. Bd. LXII. Hft. 6.

E. Lemmermann, Kryptogamenflora der Mark Brandenburg.

H. Lohmann, Untersuchungen zur Feststellung des vollständigen Gehalts des Meeres an Plancton. Wissensch. Meeresuntersuch. N. F. Bd. X. Kiel 1908.

— Über die Quellen der Nahrung der Meerestiere und Pütters Untersuchungen hierüber. Internat. Revue usw. Bd. II. 1909.

H. Lozeron, La répartition verticale du Plancton dans le lac de Zurich de décbr. 1900 à décbr. 1901. Inaug. Diss. Zürich. Vierteljahrsschrift d. nat. Ges. Zürich 1902.

Th. Nussbaumer, Über die Verunreinigung von Seen durch Einleitung stätdischer Abwässer mit spezieller Berücksichtigung des Zugersees. Vierteljahrsschrift d. nat. Ges. Zürich 1909.

U. Ostwald, Zur Theorie des Planctons. Biol. Centralbl. Bd. XXII. 1912.

— Über eine neue theoretische Betrachtungsweise in der Planctologie, insbes. über die Bedeutung des Begriffes der inneren Reibung des Wassers für dieselbe. X. Plöner Forschungsbericht 1903.

Penck und Brückner, Die Alpen im Eiszeitalter. Leipzig 1909.

A. Pfenniger, Beiträge zur Biologie des Zürichsees. Inaug.-Diss. Zürich 1902.

A. Pütter, Die Ernährung der Wassertiere und der Stoffhaushalt der Gewässer. Jena 1910.

E. Richter, Die Temperaturverhältnisse der Alpenseen. Verh. d. 9. deutsch. geog. Tages zu Wien. 1891.

F. Ruttner, Über tägliche Tiefenwanderungen von Planctontieren unter dem Eise und ihre Abhängigkeit vom Lichte. Intern. Revue usw. Bd. II. 1909.

Schröter und Kirchner, Die Vegetation des Bodensees. Bodenseeforschungen. Lindau 1896—1902.

Schröter und Vogler, Variationsstatistische Untersuchungen über Fragillaria crotonensis usw. Vierteljahrsschrift d. nat. Ges. Zürich. 1901.

A. Steuer, Planctonkunde. Leipzig 1910.

A. Weismann, Das Tierleben im Bodensee.
C. Wesenberg-Lund, Von der Abhängigkeit zwischen Bau der Planctonorganismen und dem specifischen Gewicht des süßen Wassers. Biol. Centralblatt. Bd. XX. 1900.
— Grundzüge der Biologie und Geographie des Süßwasserplancton usw. Intern. Revue usw. III. Biol. Supp,l. Bd. I. 1910.
R. Woltereck, Notiz über Plancton und Seenausfluß. Intern. Revue usw. Bd. III. 1910.
— Die natürliche Nahrung pelagischer Cladoceren und die Rolle des »Zentrifugenplancton« im Süßwasser. Intern. Revue usw. Bd. I. 1910.
O. Zacharias, Untersuchungen über das Plancton der Teichgewässer. Plöner Forschungsber. Bd. VI. 1898.
— Über einige biologische Unterschiede zwischen Teichen und Seen Biol. Centralbl. Bd. XIX. 1899.

R. Woltereck, Über Funktion, Herkunft und Entstehungsursache der sogen. »Schwebe-Fortsätze« pelagischer Cladoceren. »Zoologica«- Hft. 67. 1913.
Einar Naumann: Nannoplanctoniska cycloteller i sydsvenska insjöar såsom en viktig factor i planctons närigsbiologi. Botaniska Notiser for År 1912.
E. Pringsheim, Kulturversuche mit chorophyllführenden Mikroorganismen. 3. Mitteilung. Zur Physiologie der Schizophyceen. Beiträge zur Biologie der Pflanzen.

Erklärungen zu den Kugelkurven.

Fig. 3. Kugelkurve der Cyclotellen, die mittlere Volksdichte darstellend.

Untere Kurve stellt den saisonellen Verlauf der plasmaerfüllten Cyclotellen dar. Obere fast die plasmaerfüllten und leeren Cyclotellen der jeweils von lebenden Individuen erfüllten Räume zusammen. Es sind also die leeren absinkenden Schalen im Sommer, die sich unter der Zone von 60 bis 70 m befinden, nicht einbezogen. Die Zahlen geben die mittlere Größe aus sechs Fängen von 10 ccm (0—50 m) wieder. Zone 50—70 m konnte vernachlässigt werden. Die mittlere Wohndichte des Winters mußte auf die mittlere Wohndichte umgerechnet werden, um direkt vergleichbare Werte zu erhalten (siehe S. 643).

Fig. 5. 1) Obere Kugelkurve: — *Chromulina ovalis*; .... *Mallomonas.*

Die Spaltung dieser Kugelkurve in den Wintermonaten stellt das Auseinanderfallen der mittleren Wohndichte und Volksdichte dar (S. 643).

Der untere Kurventeil drückt die mittlere Zahlengröße aus sechs Fängen zu 10 ccm aus, bezogen auf den jeweils bewohnten Raum (Wohndichte). Er muß naturgemäß geringere Werte aufweisen als die Kugelkurve der mittleren Volksdichte, da wir hier die durch die Convectionsströmungen auseinandergezogene Verteilung uns zusammengeschoben denken auf die kleineren sommerlichen Räume, um so direkt vergleichbare Zahlen mit denen des Sommers zu erhalten.

2) Kugelkurve von *Chroococcus limneticus* var. *carneus.* Für die Spaltung der Kurve gilt gleiches wie bei *Chromulina.*

Druck von Breitkopf & Härtel in Leipzig.